

CNRS FRE-2627

COGNITION & USAGES

(ex Cognition & Activités Finalisées)

– RAPPORT D'ACTIVITES –

2001-2003

Résumé des travaux
2001-2003

Le laboratoire Cognition et Activités finalisées (jusqu'en janvier 2003) puis par Cognition & Usages, CNRS FRE 2627 (depuis janvier 2003) a poursuivi ses recherches sur

- les processus cognitifs de base (le traitement des propriétés d'objets et les processus de catégorisation),
- le raisonnement et la résolution de problèmes,
- la représentation des connaissances (nouveau thème de recherche)
- les apprentissages scolaires et professionnels et l'acquisition de compétences

L'activité de recherche méthodologique et l'élaboration de méthode a toujours été une dimension importante du laboratoire pour la qualité scientifique des recherches. Elle s'est poursuivie. A cet égard, on notera la métrologie sensorielle développée par I. Urdapilleta, basée sur l'analyse des relations entre propriétés sensorielles, le cadre d'analyse de l'activité et des compétences professionnelles défini par J. Rogalski qui permet d'appréhender les processus de formation à la gestion des situations dynamiques rares ou imprévisibles dans des domaines à risque. On notera également l'utilisation de nouveaux observables avec l'enregistrement oculométrique (en collaboration avec Thierry Baccino) et le recueil des potentiels évoqués cognitifs (avec Philippe Cristini). Ce sont de nouveaux outils utilisés par le laboratoire.

Ces dispositifs sont en cours d'installation à l'Unité Mixte de Service CNRS-STIC LUTIN (Laboratoire des Usages des techniques d'information numérique) en partenariat avec le COSTECH (Dominique Boullier) et la Cité des Sciences et de l'Industrie, dans le cadre du projet RNRT et de l'appel d'offres CESAME du Conseil Régional d'Ile-de-France. Nous disposerons ainsi d'outils d'observation efficaces pour la recherche du boratoire.

Un aspect méthodologique important est également la poursuite du développement des modèles informatiques du comportement humain. Ces modèles informatiques constituent un des paradigmes expérimentaux majeurs pour tester les propositions théoriques dans le champ des Sciences Cognitives, mais aussi pour évaluer les technologies de l'information et de la communication avec par exemple la mise au point de modèles informatiques de l'utilisateur et l'élaboration de nouveaux systèmes informatiques, multi-média, d'aide à la construction des connaissances.

Enfin des contrats de recherche (France télécom, RNRT, RNTL, CNRS-STIC, MNRT, Cognitique, INRETS, Union Internationale des Chemins de fer, ...) ont fourni l'occasion d'appliquer nos résultats de recherche, surtout dans le domaine des techniques de l'information et de la communication. Nous avons ainsi travaillé sur l'interface de visioconférence (France télécom, Emmanuel Sander et Sébastien Poitrenaud), le Cartable Electronique (Charles Tijus, Sébastien Poitrenaud, Christine Leproux), Les Panneaux électroniques à messages variables sur les routes et autoroutes (avec l'INRETS), les dispositifs de commande des Trains à Grande Vitesse (avec M. Bromberg, et l'Union Internayionale des Chemins de fer). Ces recherches ont été menées dans le cadre de coopération interdisciplinaires, surtout avec des informaticiens (B. Bouchon-Meunier, P. Brézillon), ce qui correspond à la dimension modélisation-simulation informatique du laboratoire avec, entre autres, les travaux de Sébastien Poitrenaud (FRIDA, STONE, PROCOPE).

L’étude du traitement des propriétés d’objets et la catégorisation

Les travaux sur le traitement des propriétés d’objets et la catégorisation ont été menés auprès d’adultes, mais aussi de jeunes enfants pour étudier leurs capacités et leur développement cognitif. L. Bonatti a pu ainsi montrer que les nourrissons considèrent un objet avec un visage humain comme quelque chose de différent d'un objet avec le visage d'un autre mammifère, ou même du même visage présenté inversé. Avec l’étude du rappel immédiat de propriétés (S. Mérand) ou de la détection d’objets (L. Léger), des phénomènes comme ceux de détection immédiate ou de mémoire iconique ont été explorés avec l’obtention de résultats expérimentaux qui montrent l’effet du contexte dans lequel s’insère un objet et que cet effet du contexte relève de calculs sur la similarité et la différentiation. C’est aussi ce principe qui est à la base des travaux de L. Ganet sur l’explication, dans le cadre de sa thèse co-dirigée avec P. Brézillon (LIP6). Cet effet du contexte a également été trouvé avec les travaux de I. Urdapilleta, dans le domaine de l’analyse sensorielle, ce qui constitue un nouveau champ d’exploration de notre laboratoire.

Une des propriétés des objets est le mouvement. Le traitement du mouvement permet d’anticiper (effectuation) et d’attribuer des causes (causalité). C’est l’objet des recherches de F. Levillain avec L. Bonatti qui montrent par exemple un très fort retard dans l’anticipation. D’où la suggestion d’un effet des connaissances et stratégies du sujet sur un processus qu’on pensait encapsulé.

Une autre des propriétés des objets-agents est l’action. La manière dont on interprète l’action est étudiée par E. Zibetti. Ses résultats de recherche ont permis d’implanter des mécanismes dans un logiciel de simulation du comportement d’agents multiples (ACACIA) et la collaboration avec des informaticien (A. El Fallah – Seghrouchni, du LIP 6, et plus récemment P. Kodratoff du LRI).

Les catégories s’organisent entre elles. Les catégories qu’on possède et leur organisation peut rendre compte de l’expertise. C’est ce que montrent E . Sander et S. Poitrenaud : les novices possèdent de nombreuses catégories exclusives spécifiques, et quelques catégories générales alors que les experts ont un réseau plus structuré.

L’étude du raisonnement

Avec les travaux de G. Politzer et de L. Bonatti (et auparavant de C. George), l’étude du raisonnement est un des points forts du laboratoire. En étudiant l’effet du contenu (ce sur quoi porte les inférences à faire), G. Politzer a proposé une une explication cohérente de l'ensemble des données de la littérature sur la tâche de raisonnement conditionnel qui constitue la tâche la plus étudiée dans le domaine de la déduction. Il a également étudié les effets de non-monotonie qu’on trouve auprès des participants et montré qu’il s’agit d’un raisonnement fait sous incertitude, ce qui est retrouvé avec son étude sur la révision des croyances. En étudiant le rôle des règles et la charge en la mémoire, L. Bonatti trouve qu’il n'y a pas de chute en performance quand les problèmes de raisonnement sont présentés oralement, même si la tache apparaît beaucoup plus difficile. Ce résultat conforte la théorie de la logique mentale.

L’étude des différences individuelles dans le raisonnement a, elle, été menée par J. Rogalski auprès de futurs enseignants de mathématiques. Ses travaux ont permis de définir des profils et surtout une stabilité de distribution des profils. Les inférences peuvent être aussi de nature numérique avec les quantificateurs verbaux, domaine qui comprend peu d'études sur la manière dont sont résumées des données quantitatives à l'aide du langage. Dans une recherche menée par B. Bouchon-Meunier et A . Laurent (LIP6) et C. Tijus, on trouve que les

quantités numériques fournies par des participants sont une bonne approximation des distributions à partir desquels les quantificateurs ont été générés (par un autre groupe de participants), alors même que les quantificateurs utilisés ne décrivent qu'une part des classes des distributions.

Enfin, l'analogie constitue un mode de raisonnement et de résolution de problème privilégié. Elle est étudiée d'une manière extensive avec les travaux de E. Sander qui a développé une théorie de l'analogie guidée par un mécanisme d'attribution de propriétés et d'abstraction à l'intérieur d'un réseau sémantique de catégories. Son approche répond, entre autres, aux difficultés rencontrées par les théories fondées sur la comparaison.

L'étude de la résolution de problème

Avec le raisonnement, la résolution de problèmes est un autre des axes forts du laboratoire. L 'étude des impasse s'est révélée fructueuse. M. Zamani et J.F. Richard ont montré que l'information présente dans les impasses, qui est pertinente pour comprendre que le but poursuivi est inadapté ou pour suggérer quel but plus favorable on peut se donner en la circonstance, est peu prise en compte en situation de résolution alors que les sujets qui sont invités à réfléchir sur les impasses présentées sur des fiches en dehors de la résolution effective se révèlent plus performants par la suite que ceux qui ont rencontré les mêmes impasses en cours de résolution. Comprendre et éviter les impasses relèvent de la compréhension du matériel et de la découverte des règles du problème.

En travaillant sur des problèmes isomorphes, J.F. Richard, E. Clément, I. Nayigizente et C. Tijus ont pu montrer que l'adoption de l'interprétation appropriée pour le problème constituait la majeure partie de sa difficulté et qu'une fois celle-ci établie, les contraintes de la planification étaient rapidement surmontées. Une source de difficulté de résolution provient de la focalisation sur l'atteinte du but qui fournit un frein à la découverte des règles. Dans cette continuite, A. Zanga, J-F. Richard, C. Tijus et O. Mégalakaki montrent que la visée d'un but spécifique (un état du problème) a un double effet sur la découverte de règles. Le premier effet est positif et provient des résultats des actions : généraliser les résultats en les associant aux conditions dans lesquelles ils ont été obtenus permet de découvrir la règle. Le second effet est négatif. En poursuivant le but, les participants tendent à réduire l'écart au but (hill climbing) et négligent l'exploration parce qu'elle les éloignerait du but. Cette exploration facilite la découverte des propriétés pertinentes pour l'action.

Résoudre un problème, c'est en effet tout d'abord pouvoir extraire les propriétés pertinentes pour l'action de sorte les objets sont catégorisés pour leur utilisation, dans leur contexte d'utilisation. Avec une épreuve d'emboîtement de pièces géométriques colorées dans des plots colorés, Danis, Santolini et Tijus trouvent que découvrir qu'une pièce ne va pas forcément sur le plot de même couleur, et que plusieurs pièces vont sur un même plot permet aux enfants de découvrir que la mise en correspondance doit être faite en considérant comme propiriété pertinente, la forme, et non pas la couleur.

Représentation des connaissances

Les travaux au laboratoire sur la représentation des connaissances ont débuté il y a quelques années avec les travaux de J.F. Richard sur la sémantique de l'action. Ils se poursuivent dans plusieurs directions. J.M. Meunier, J.F. Richard et S. Poitrenaud ont trouvé que que les significations d'action sont organisées en un nombre limité de champs sémantiques selon trois grands domaines en fonction du type de propriétés des objets impliqués par la signification des actions. Etendue aux verbes mentaux, J.M. Meunier et Suzanne Legros trouvent cinq grandes catégories sémantiques comme celles des verbes de cognition ou de motivation.

Avec C. Bellisens, la recherche sur la représentation des connaissances intègre les modèles vectoriels (du type LSA de Kintsch). C. Bellissens montre, à partir de la description et de la comparaison de ces modèles, que ceux-ci sont capables de prédire des résultats d'amorçage sémantique et qu'ils peuvent être couplés à des modèles de compréhension pour simuler l'accès à la signification, la prédication et la construction d'une représentation mentale cohérente d'un texte. Les travaux s'orientent vers une modélisation de la mémoire de travail à long terme et rejoint les préoccupations des travaux sur l'apprentissage et l'acquisition de compétences.

Avec les travaux de B. Pudelko et D. Legros en collaboration avec J. Basque, il y a la conception d'une méthode d'évaluation des cartes conceptuelles, suite à la lecture de textes. Ils ont également analysé l'activité de construction de cartes conceptuelles par des étudiants adultes dans un cours universitaire en sciences cognitives, diffusé en ligne et à distance.

Enfin, S. Poitrenaud, J-F. Richard et C Tijus ont réévalué les résultats expérimentaux qui montrent une grande part de variété dans le contenu des catégories. Ils ont avancé l'idée que les différences qui sont observées entre les tâches sont dues au contexte de ces tâches et ils ont proposé une réinterprétation des effets de typicalité compatible avec l'existence d'un noyau conceptuel stable : les implications sémantiques servent à construire les lignées de propriétés et le treillis de Galois est utilisé pour mettre en évidence la structure de catégories correspondante aux implications empiriques.

Traitement, comprehension et apprentissage de corpus verbaux et iconiques

Pour comprendre l'apprentissage et l'utilisation de la langue, à partir de régularités statistiques, dans les travaux menés par L. Bonatti (avec M. Pena, M. Nespor et J. Mehler), des petits "langues" inexistantes ont été inventées et des segments continus de parole de ces langues ont été synthétisés par ordinateur, en éliminant toutes informations prosodiques. La tâche des sujets était de trouver les "mots" de cette langue imaginaire après avoir écouté le flux de parole pour une période variable selon l'expérience. Ils trouvent que les adultes peuvent faire des calculs statistiques encore plus complexes de ceux qui ont été découverts précédemment mais que, en dépit de leurs habilitées statistiques, les sujets n'arrivent pas à découvrir des propriétés structurales contenues dans ces langues imaginaires. Toutefois, quand le flux de parole contient des signaux subliminaux de segmentation, les sujets capturent la même propriété structurelle qui leur échappait auparavant.

Une autre dimension du corpus verbal est la polyvalence de signification des items verbaux. J.M. Meunier a entrepris d'explorer l'idée de considérer l'item verbal comme une catégorie de significations et de considérer l'utilisation d'un verbe comme une façon de catégoriser la situation en pointant sur des propriétés particulières. Il trouve que les participants auxquels il est demandé de classer les différents emplois d'un verbe tel que "monter" organisent les significations en classe distinctes qui se rapprochent beaucoup de la structuration des significations de " monter " qu'a proposée J.P. Desclés.

L'information de nature iconique fait aussi l'objet d'un nouveau thème du laboratoire. C. Tijus, L. Lambinet, avec J. Barcenilla, B. Cambon de Lavalette, et A. Lacaste ont réalisé la description intégrée de quelque 200 panneaux de la signalisation routière. Chaque panneau est décrit selon la tâche du conducteur, le trafic routier et les propriétés visuelles du panneau. Ils montrent ainsi que les relations (indépendance, exclusion, inclusion, équivalence) entre les catégories de panneaux définies par leurs propriétés reflètent la structure sous-jacente à la signalétique routière.

Apprentissages scolaires, professionnels et competences

En analysant les procédures de résolution de problèmes arithmétiques, R. Brissiaud apporte un nouveau point de vue sur le progrès des enfants: progresser signifie devenir capable de se comporter différemment dans une même situation, c'est-à-dire accéder à un comportement stratégique face à un problème arithmétique.

Pour l'apprentissage de l'algèbre avec APLUSIX, un environnement intelligent dédié à l'apprentissage de l'algèbre, E. Sander, A. Bastide, en collaboration avec A. Nguyen Xuan, J.-F. Nicaud, D. Bouhineau de l'INPG Grenoble, et S. Tapol, procédé à un travail d'identification de règles erronées pour les élèves de niveau 3ème pour les problèmes usuels à ce niveau permettant d'identifier la source des erreurs en vue d'un travail de remédiation. Une quarantaine de règles, de fréquence variable, ont été identifiées et ils travaillent actuellement à des possibilités de simulation à partir des diagnostic individuels dans une démarche d'analyse de protocoles.

Concernant la compétence algébrique, A. Cortés trouve que très peu d'élèves justifient les transformations algébriques : La moitié des élèves de nos classes justifie certaines transformations par l'arithmétique et ces justifications sont opérationnelles sur des équations simples (du type ax+b=c) et l'autre moitié des élève est dans l'impossibilité de justifier toute transformation. Les règles utilisées sont des théorèmes en acte : des propriétés mathématiques tenues pour vrais mais sans justification. Les élèves n'ont pas les moyens de valider les transformations effectuées et des erreurs surviennent. Chez l'expert, le choix de chaque transformation est précédé par une étape d'analyse et il effectue aussi des tâches de contrôle. Par conséquent les méthodes sont des schèmes incluant des étapes d'analyse de l'objet mathématique et des contrôles.

Les invariants cognitifs dans l'acquisition de compétences sont étudiés par D. Legros, M. Makhlouf, et E. Maître de Pembroke en prenant en compte la variabilité culturelle et linguistique pour contribuer ainsi à la conception d'aides à la compréhension adaptées à la spécificité des élèves.

Pour l'analyse des compétences des enseignants de mathématiques, J. Rogalski a utilisé les concepts et les méthodes d'étude de la gestion d'environnement dynamique (s'appuyant sur le modèle général de double régulation de l'activité et sur les modèles d'activité développés à la suite de Rasmussen) pour élaborer un cadre d'analyse de leur activité. J. Rogalski a également développé un cadre d'analyse articulant les niveaux individuels, collectifs et organisationnels, entre autres sur le retour d'expérience dans le contrôle aérien.

Enfin des méthodes d'apprentissages ont été proposés : pour l'enseignement de l'écrit, R. Brissiaud propose une méthode « orthographique » qui privilégie un apprentissage précoce de l'orthographe, A. Cortés propose une méthode pour la construction des enseignements de l'algèbre basée sur la construction mentale des filiations et justifications les plus générales. Ainsi, l'apprentissage de la résolution des inéquations sert aussi de remédiation pour la résolution des équations: les justifications construites sont transférées à la résolution d'équations.

Le laboratoire a eu une activité de recherche soutenue et reconnue comme l'attestent la liste des publications et les contrats de recherche.

1 - TRAITEMENT COGNITIF DES PROPRIETES ET CATEGORISATION DES OBJETS

1.1. Identification des conspecifiques et des objets chez le jeune enfant
(Luca Bonatti avec Emmanuel Frot et Jacques Mehler, en collaboration avec le LSCP, Maternité de Port Royal, et SISSA/ISAS, Italie)

1.2. Catégorisation d'objets et rappel immédiat de propriétés
(Séverine Mérand & Charles Tijus)

1.3. Distribution visuelle et sémantique de propriétés et catégorisation d'objets
(Laure Léger, Charles Tijus, Thierry Baccino, Denis Chêne)

1.4. Effets de contexte dans la dénomination de propriétés olfactives
(Isabel Urdapilleta, Agnès Giboreau et Jean-François Richard)

1.5. La génération d'explication du point de vue de la catégorisation contextuelle
(Leslie Ganet, Charles Tijus et Patrick Brézillon)

1.6. Interactions entre types de catégorisation, niveau d'abstraction et niveau d'expertise
(Emmanuel Sander, Sébastien Poitrenaud, Anne Bastide)

1.7. Rôle des propriétés dans la catégorisation de noms d'aliments par des sujets atteints de troubles des conduites alimentaires
(Isabelle Urdapilleta, Jean-Marc Meunier , Mirabel-Sarron, Jean-François Richard)

1.8. Perception de la causalité et prédiction du mouvement d'objets
(Florent Levillain et Luca Bonatti).

1.9. Compréhension d'actions visuellement perçues et catégorisation contextuelle
(Elisabetta Zibetti, Charles Tijus, Francesc Beltran, Elisabeth Hamilton)

1.10. La modélisation-simulation des actions d'agents interactifs autonomes: ACACIA (Action by Contextually Automated Categorizing Interactive Agents)
(Elisabetta Zibetti, Charles Tijus, Sebastian Potrenaud, Christine Leproux avec Vicenç Quera, Francesc Beltran, Amal El Fallah – Seghrouchni)

2. RAISONNEMENT ET RESOLUTION DE PROBLEMES

2.1. Le raisonnement conditionnel et les effets de contenu
(Guy Politzer)

2.2. Raisonnement conditionnel et non monotonie
(Guy Politzer)

2.3. Raisonnement oral
(Luca Bonatti)

2.4. La révision de croyance et l'enracinement épistémique
(Guy Politzer)

2.5. Signification des quantificateurs et inférence
(Charles Tijus, avec Anne Laurent et Bernadette Bouchon-Meunier, LIP6)

2.6. Modes de traitement de l'implication par de futurs enseignants de mathématiques
(Janine Rogalski avec M. Rogalski, Laboratoire AGAT Lille 1-CNRS & Institut Mathématique de Jussieu Paris 6-CNRS)

2.7. L'analogie comme mécanisme de catégorisation et d'abstraction
(Emmanuel Sander, Jean-François Richard)

2.8. Etude des composantes sémantiques dans les isomorphes de la Tour de Hanoi
(Jean-François Richard, Evelyne Clément, I. Nayigizente, Charles Tijus)

2.9. L'extraction des propriétés pertinentes pour l'action en résolution de problèmes
(Agnès Danis, Charles Tijus avec Arnaud Santolini et Emmanuel Devouche, Annabelle Froger, Aline Frey, Mary Bazire)

2.10. Découverte de règles et Résolution de problèmes
(Charles Tijus, Aldo Zanga, Jean-François Richard, avec Olga Megalakaki)

2.11. Modélisation de l'activité de résolution de problème dans le test de Passalong
(Jean-François Richard et Mojdeh Zamani)

3- REPRESENTATION DES CONNAISSANCES

3.1. L'organisation des représentations d'action
(Jean-Marc Meunier)

3.2. Représentation d'action et représentation des états mentaux
(Jean-Marc Meunier & Suzanne Legros)

3.3. Modèles vectoriels de la mémoire sémantique et leurs utilisations
(Cedrick Bellissens, avec P. Thérouanne et G. Denhière, 2002).

3.4. Le modèle CI-LSA+généralisation. Bellissens et Denhière
(Cédrick Bellissens, avec Thiesbonenkamp, et G. Denhière, (2002).

3.5. Cartes conceptuelles et aide à la construction des connaissances
(Josanne Basque, Béatrice Pudelko, Denis Legros)

3.6. Propriétés, Catégories et Catégorisation
(Sébastien Poitrenaud, Jean-François Richard et Charles Tijus)

4. TRAITEMENT, COMPREHENSION, APPRENTISSAGE (CORPUS VERBAUX ET ICONIQUES)

4.1. Apprentissage statistique des mots et règles de la langue
(Luca Bonatti, avec M. Pena, M. Nespor et J. Mehler)

4.2. L'étude de la polysémie verbale
(Jean-Marc Meunier)

4.3. Compréhension des énoncés métaphoriques
(Elisabeth Hamilton, Sébastien Poitrenaud, Charles Tijus avec G. Denhière et T. Baccino)

4.4. Etude de la classification des devinettes
(Suzanne Legros et Guy Politzer)

4.5. Contextes culturels, compréhension et mémorisation de textes
(D. Legros et E. Maître de Pembroke)

4.6. Compréhension de l'information iconique
(Charles Tijus, Liliane Lambinet, avec J. Barcenilla, B. Cambon de Lavalette, et A. Lacaste)

5. APPRENTISSAGES SCOLAIRES, PROFESSIONNELS ET COMPETENCES

5.1. Conceptualisation arithmétique, résolution de problèmes et enseignement des nombres et des opérations arithmétiques à l'école
(Rémi Brissiaud)

5.2. Apprentissage de l'algèbre avec un environnement intelligent
(Emmanuel Sander, Anne Bastide, en collaboration avec A. Nguyen Xuan, J.-F. Nicaud, D. Bouhineau de l'INPG Grenoble, et S. Tapol, projet Cognitique)

5.3. La nature de la compétence algébrique des élèves et leurs méthodes de résolution
(Anibal Cortés et Nathalie Pffaf)

5.4. La nature de la compétence algébrique des experts et leurs méthodes de résolution
(Anibal Cortés et Nathalie Pffaf)

5.5. Rôle des contextes dans les activités d'apprentissage à distance
(D. Legros, M. Makhlouf, E. Maître de Pembroke)

5.6. Production et aides à la production de texte en langue étrangère
(M. Cordier, D. Legros, E. Maître de Pembroke, C. Noyau)

5.7. Analyse de l'activité de l'enseignant
(Janine Rogalski avec A. Robert, DIDIREM Paris 7)

5.8. Activités et compétences dans le travail collectif en environnement dynamique à risque
(Janine Rogalski, Patricia Antolin-Glenn, Cyril Barriquault avec J. Marc, en thèse).

5.9. Etude d'une méthode alternative d'enseignement de l'écrit qui privilégie un apprentissage précoce de l'orthographe
(Rémi Brissiaud)

5.10. Propositions pour la construction des enseignements de l'algèbre
(Anibal Cortés et Nathalie Pffaf)

6. ELABORATION ET UTILISATION DE METHODES D'OBSERVATION ET D'ANALYSE

6.1. Catégorisation et métrologie sensorielle

(Isabelle Urdapilleta, Jean-Marc Bernard, Christophe Brouard, Jean-François Richard, avec C. Dacremont, F. Huon de Kermadec, C. Ton NU, C. Saint Denis, E. Belin, et B. Rousseau)

6.2. Développement de cadres d'analyse de l'activité et des compétences professionnelles

(Janine Rogalski)

6.3. L'utilisation de l'oculométrie et l'utilisation du recueil de potentiels évoqués cognitifs

(Philippe Cristini, Thierry Baccino, Charles Tijus, Sébastien Poitrenaud, Laure Léger)

7. APPLICATIONS DE LA RECHERCHE AUX NOUVELLES TECHNIQUES DE L'INFORMATION ET DE LA COMMUNICATION

7.1. Test utilisateurs et analyse fonctionnelle d'une interface de visioconférence

(Emmanuel Sander, Sébastien Poitrenaud, avec J. Fresneau et S. Tapol, avec France Télécom)

7.2. Développement du Cartable Electronique

(Charles Tijus, Sébastien Poitrenaud, Christine Leproux, Corinne Demarcy, Vincent Giraudon et Stephan Renaud, avec Nathan, Bordas et le Laboratoire d'informatique de Paris 6)

7.3. Principes de conception d'une maquette interactive d'un terminal contextualisé centré sur l'utilisateur

(Charles Tijus, Christine Leproux, Sébastien Poitrenaud et Patrick Yeu avec l'équipe de B. Bouchon-Meunier, Programme interdisciplinaire STIC : Société de l'Information)

7.4. L'utilisation contextualisée d'ontologies pour l'accès à la signification pédagogique

(Patrick Brézillon, Charles Tijus, Christine Leproux, Sébastien Poitrenaud, Arnaud Santolini, Charles Tijus, Patrick Yeu, A.C.I. Cognitique 2002 "Ecole et Sciences Cognitives : les apprentissages et leurs dysfonctionnements)

7.5. Les usages de l'information routière sur les durées de parcours

(Brigitte Cambon de Lavalette, Charles Tijus, Christine Leproux, Sébastien Poitrenaud, Olivier Bauer, avec l'INRETS)

7.6. La signalétique routière. Taxonomie et usages

(Brigitte Cambon de Lavalette, Charles Tijus, Christine Leproux, Sébastien Poitrenaud, Alexandre Lacaste, avec l'INRETS)

7.7. Connaissances et comportements des conducteurs des TGV, sécurité des systèmes

(Marcel Bromberg, Sophie Frigoux, Patrice Georget, Frédéric Jadot, Christine Leproux, Sébastien Poitrenaud, Charles Tijus avec L'Union Internationale des Chemins de fer, UIC)

7.8. Etude Systémique de la Sûreté dans les Gares

(Marcel Bromberg, Sophie Frigoux, Patrice Georget, Frédéric Jadot, Christine Leproux, Sébastien Poitrenaud, Charles Tijus avec L'Union Internationale des Chemins de fer, UIC)

1 - TRAITEMENT COGNITIF DES PROPRIETES ET CATEGORISATION DES OBJETS

1.1. Identification des conspecifiques et des objets chez le jeune enfant

(Luca Bonatti avec Emmanuel Frot et Jacques Mehler, en collaboration avec le LSCP, Maternité de Port Royal, et SISSA/ISAS, Italie)

Nous avons montré que les nourrissons ont une notion de "transformation impossible". Quand ils voient un objet avec les propriétés d'un visage humain, ils ne pensent pas qu'il puisse se transformer en un autre objet d'un autre catégorie. En revanche, ils sont disponibles pour accepter qu'un camion peut se transformer en une chaussure. On a aussi montré que les nourrissons considèrent un objet avec un visage humain comme quelque chose de différent d'un objet avec le visage d'un autre mammifère, ou même du même visage présenté inversé.

Pour continuer ces recherches, nous sommes en train de préparer un "théâtre virtuel", où les stimuli sont présentés et contrôlés électroniquement. Des expériences sont en cours, un papier a été publié et un papier est en préparation.

1.2. Catégorisation d'objets et rappel immédiat de propriétés

(Séverine Mérand & Charles Tijus)

Selon les modèles analytiques de la perception visuelle, les traits visuels sont codés indépendamment avant d'être intégrés par focalisation attentionnelle. Les phénomènes de détection parallèle (pop-out) ou séquentielle s'expliquent par des modes de répartition différents de l'attention dans le champ visuel.

Notre hypothèse est que si l'attention portée aux objets dépend de l'intégration de leurs propriétés (Treisman, 1991; Treisman & Sato, 1990), c'est relativement au contexte. Le modèle de catégorisation contextuelle (Tijus, 2001) basé sur le treillis de Galois (Poitrenaud, 1995) propose de rendre compte de ces phénomènes en termes de traitement de la similarité et de la différenciation existant entre les traits des objets, apparaissant soit au premier stade de traitement, soit au second, lors de l'intégration attentionnelle.

Les principales prédictions du modèle ont été testées avec une tâche de mémorisation immédiate de propriétés (traits) d'objets. Les résultats montrent un effet des relations de similarité et de différenciation sur la mémorisation des propriétés, de manière relativement indépendante de l'intégration des propriétés en objets. La prise en compte de la nature des propriétés visuelles semble nécessaire pour rendre compte des effets des relations de similarité et de différenciation dans l'intégration attentionnelle. Nous avons pu montrer aussi bien par le temps de réponse que par des indicateurs oculométriques qu'un même élément peut être plus ou moins masqué selon le partage de propriétés avec les autres objets qui forment son contexte. (Mérand & Tijus, 2003).

1.3. Distribution visuelle et sémantique de propriétés et catégorisation d'objets

(Laure Léger, Charles Tijus, Thierry Baccino, Denis Chêne)

Cette recherche comprend 4 parties

Etude des effets de la disposition spatiale des stimuli sur la détection d'une cible. Nous avons étudié l'effet de la disposition spatiale des stimuli à l'écran sur à la fois les performances de détection de cible mais également sur la prise d'information visuelle à travers les types de parcours oculaires du matériel expérimental. Les résultats nous montrent que les types de parcours oculaires sur la scène visuelle sont guidés par les principes d'organisation visuelle décrits par la théorie gestaltiste (Koffka, 1935) et que la disposition spatiale des stimuli influence à la fois les taux de réussites et les temps de réponse lors de la détection d'une cible. (Léger, Baccino & Tijus, soumis)

Etude des effets des propriétés perceptives des stimuli sur la détection d'une cible. Les effets des propriétés perceptives des stimuli sur la détection d'une cible sont étudiés selon deux axes. D'une part, il est d'étudier l'effet des différentes propriétés perceptives des objets telles que la couleur ou la mise en forme lors de la détection de cible. D'autre part, il est d'étudier l'effet du nombre de distracteurs identiques à la cible sur sa détection. Les résultats nous indiquent que l'effet du nombre de distracteurs identiques perceptivement à la cible diffère selon la propriété considérée. Ces deux axes de recherches rejoignent les différentes recherches menées dans les études sur la recherche visuelle de Treisman & Gelade (1980) sur le phénomène de pop out et de la conjonction de traits. Nos résultats montrent que lorsque cette propriété est la couleur, la diminution du nombre d'items de la scène visuelle présentant la même couleur que la cible engendre une augmentation des taux de réussites et une diminution des temps de réponse. En revanche, nous n'observons pas cet effet facilitateur de la diminution du nombre d'items identiques perceptivement à la cible lorsque la propriété manipulée est la mise en forme (en l'occurrence l'italique) (Léger, 2003).

Etude des effets de la différence de la fréquence lexicale entre cible et contexte distracteur sur la détection d'une cible. Le but ici est de montrer que cette propriété cognitive (la fréquence lexicale) influence les performances de détection d'une cible dénommée. Les résultats de cette étude nous indiquent que la détection d'une cible est facilitée lorsque le contexte distracteur a une fréquence lexicale élevée que lorsqu'il est composé d'items rares. De même il est plus rapide de détecter une cible fréquente qu'une cible rare.

Etude des effets la distance sémantique entre la cible et le contexte distracteur sur la détection d'une cible annoncée par sa catégorie super-ordonnée. Le but est de montrer que la distance sémantique entre la cible et le contexte distracteur (détecter un fruit parmi des jouets) facilite la détection de la cible par rapport à la proximité sémantique entre la cible et le contexte distracteur (détecter ce même fruit parmi des légumes). Les résultats de cette étude nous montrent que la difficulté de détecter une cible proche sémantiquement du contexte distracteur se traduit par un temps de fixation moyen plus important que lorsque la cible est distante sémantiquement du contexte de recherche. Ce temps moyen de fixation plus important serait une difficulté de déterminer l'item fixé comme n'étant pas la cible (Léger, Baccino, Chêne & Tijus, 2003).

1.4. Effets de contexte dans la dénomination de propriétés olfactives

(Isabel Urdapilleta, Agnès Giboreau et Jean-François Richard)

L'étude de l'olfaction présente des difficultés spécifiques et il est souvent difficile de dénommer les propriétés olfactives de par la pluralité des processus impliqués dans l'intégration cognitive des informations sensorielles. Aussi, s'agissant de citer des exemples de perceptions olfactives, seules viennent à l'esprit des noms de fleurs, de fruits ou des qualificatifs issus d'autres perceptions tels que douce, verte, sucrée ou encore des termes hédoniques (Berglund et al. ,1977) qui en outre reflètent une grande variabilité inter-individuelle (Holley, 2001). L'étude de la dénomination de propriétés sensorielle peut être envisagée dans le cadre des théories cognitives de la catégorisation. En effet, les différentes théories de la catégorisation ont permis de souligner l'importance des propriétés des objets dans les processus cognitifs. Certains défendent une place prédominante des objets dans la construction et l'utilisation des catégories (Rosch & Mervis, 1975). Dans ce cas, les propriétés sont associées aux catégories. Les traits caractéristiques des objets de la catégorie de base (e.g., "table") sont facilement nommables (Rosch, 1978) et portent plus d'information que les traits caractéristiques des catégories super-ordonnées (e.g., "meuble") ou subordonnées (e.g., "table à café") (Zacks & Tversky, 2001). D'autres auteurs défendent l'idée selon laquelle les objets seraient organisés d'après les propriétés qu'ils partagent (Collins & Quilian, 1969). Dans un tel réseau sémantique, les propriétés qui décrivent les objets sont organisées de sorte que certaines propriétés sont plus génériques, d'autres plus spécifiques. Mais nous pensons que leur dénomination est variable selon le contexte.

Dans les expérimentations réalisées (Giboreau, Urdapilleta & Richard, 2003 ; Urdapilleta, Giboreau & Richard, 2003) des parfums floraux ont été décrits par des sujets non experts selon deux contextes environnementaux : une condition isolée où les parfums sont présentés seuls et une condition comparative où ils sont présentés par triplet. Les résultats montrent des effets du contexte sur la verbalisation des propriétés des odeurs. Ainsi, lorsque les odeurs sont présentées en triplet, les sujets produisent plus de propriétés olfactives, le nombre de propriétés uniques, c'est-à-dire produites par un seul sujet, est plus faible, les sujets tendent à activer plus de propriétés générales que de propriétés spécifiques.

On peut ainsi conclure de cette série de résultats que l'étude du contexte peut contribuer à une meilleure compréhension des difficultés de dénomination des odeurs. D'autres situations contextuelles sont en cours d'étude (en collaboration avec M. Bromberg) afin de dresser un panorama plus large de l'influence du contexte environnemental. Nous expérimentons aussi avec d'autres stimuli (en collaboration avec A. Bardot, L. Kirsche).

1.5. La génération d'explication du point de vue de la catégorisation contextuelle

(Leslie Ganet, Charles Tijus et Patrick Brézillon)

Lorsque nous devons fournir une explication, quelles informations allons-nous chercher et sélectionner ? Dans quel ordre, de quelle façon les produisons-nous ? Si certains éléments de réponse ont déjà été donnés dans le champ de l'Intelligence (Brézillon, P., 1992 ; 1994 ; Karsenty, L., 1996 ; Karsenty, L. & Brézillon, P., 1995), en didactique (Balacheff, N., 1990a ; 1990b ; 1992), en pédagogie (Tricot), le terrain reste inexploré du point de vue de la psychologie cognitive.

Afin de tester l'hypothèse selon laquelle l'explication, induite d'une comparaison d'objets, est basée sur les processus de catégorisation (Ganet, & Faure, 1999), nous nous sommes intéressés, dans un premier temps, à l'explication descriptive : une

explication simple car elle est basée sur l'exposition ou la catégorisation. Elle ne nécessite pas de fournir de justification, ni de déterminer des liens causaux entre des faits, mais simplement de décrire les objets présentés. Pour cela, nous avons choisi de présenter des paires de sons et d'objets géométriques simples à des participants qui ont comme consigne de les décrire.

Nous avons testé l'hypothèse que l'explication se base sur la catégorisation. Les connaissances (les propriétés d'objets) sont explorées dans le réseau catégoriel construit selon une organisation ABC. En effet, lorsque nous opérons une comparaison, nous construisons une catégorie super ordonnée, appelée A, regroupant l'ensemble des propriétés communes aux objets. Nous formons également des catégories relatives aux objets eux-mêmes contenant les propriétés propres des objets 1 et 2 (notées B) ainsi que des propriétés relatives à l'objet opposé (propriétés C). Le réseau catégoriel se construirait à partir d'une comparaison d'objets pour lesquels une catégorie de propriétés communes va être créée mais aussi des catégories de propriétés propres et relatives. Cette construction est la base sur laquelle se construit notre compréhension d'une situation et l'explication que nous pouvons en donner.

1.6. Interactions entre types de catégorisation, niveau d'abstraction et niveau d'expertise

(Emmanuel Sander, Sébastien Poitrenaud, Anne Bastide)

Les hypothèses générales que nous avons commencé à tester sont que : (i) Indépendamment du niveau d'expertise, les catégories sont plutôt envisagées de manière exclusive à un niveau spécifique, alors que le point de vue inclusif est favorisé à un niveau général. (ii) Les novices possèdent de nombreuses catégories exclusives spécifiques, et quelques catégories générales (des catégories peu structurées) alors que les experts ont un réseau plus structuré essentiellement aux niveaux intermédiaires (c'est-à-dire intégrant plus de relations d'implication et moins de relations d'exclusion, et donc des niveaux de catégorisation intermédiaires).

Le marquage, consistant dans l'utilisation d'une même étiquette verbale pour des concepts de différents niveaux d'abstraction, permet l'articulation entre points de vue inclusif et exclusif. Ainsi un rectangle peut désigner les quadrilatères avec 4 angles droits (Rectangle2) ou les quadrilatères avec 4 angles droits et non carrés (Rectangle1) (Politzer, 1991). Des premiers résultats (Sander, Poitrenaud, Bastide, 2000 ; en préparation) ont été obtenus concernant les connaissances sur les quadrilatères auprès de novices de différents âges et niveaux scolaires (élèves de 4ème-3ème et adultes universitaires), et vont dans le sens des hypothèses. D'autres expérimentations sont prévues auprès d'experts et pour d'autres domaines.

1.7. Rôle des propriétés dans la catégorisation de noms d'aliments par des sujets atteints de troubles des conduites alimentaires

(Isabelle Urdapilleta, Jean-Marc Meunier , Mirabel-Sarron, Jean-François Richard)

Nos expérimentations visent à étudier le rôle des différentes propriétés des objets dans leur catégorisation. Les objets étudiés sont des noms d'aliments, nos sujets expérimentaux des patients atteints de pathologie des troubles alimentaires versus un groupe témoin (Mirabel-Sarron et al., 2000a et b ; Urdapilleta et al., 2000 a et b ; 2003 a, b et c). Différentes expérimentations ont été réalisées qui comprenaient: (1) une tâche de regroupement de noms d'aliments en un certain nombre de tas en fonction de leur similarité ainsi que la verbalisation des raisons de la catégorisation ainsi effectuée, et (2) une tâche de vérification de propriétés dans laquelle les sujets devaient choisir parmi une liste de propriétés celles qui qualifiaient l'aliment. Les objets ont de

multiples propriétés et de ce fait peuvent rentrer dans beaucoup de catégories. Ainsi comme le soulignent Ross et Murphy (1999), il y a de nombreuses manières de catégoriser les aliments (le pain peut être utilisé pour faire un sandwich, des tartines au petit-déjeuner, des croûtons pour la soupe, etc.). Aussi cette activité de regroupement repose sur la prise en compte d'un nombre limité de propriétés des objets parmi celles qui sont connues. Les propriétés qui interviennent dans la catégorisation sont celles qui sont les plus saillantes et en général les plus pertinentes dans le contexte spécifique de la tâche. Le contexte comprend aussi bien des caractéristiques personnelles, cognitives et affectives, que des contraintes de la tâche à réaliser, ou simplement la nature des objets présents dans la scène perceptive. Ainsi, nos catégories reflètent notre vision du monde et dépendent à la fois de nos expériences, de nos représentations et croyances (Ahn, Brewer & Mooney, 1992 ; Hayes & Taplin, 1995 ; Medin, 1989 ; Wisniewski & Medin, 1994). Aussi, les différences qui apparaissent dans les regroupements opérés par les sujets quand on leur demande de classer des objets pourraient être révélatrices des propriétés qui sont les plus saillantes pour eux et donc des intérêts, des valeurs et des conceptions attachées à ces propriétés.

Les résultats de nos expérimentations ont permis de montrer qu'en fonction des pathologies dont souffrent les sujets, les propriétés des aliments n'ont pas le même relief. Ainsi, les patients anorexiques, anorexiques-boulimiques et boulimiques attribuent une importance supérieure aux propriétés fonctionnelles des aliments, comparativement aux témoins pour qui les propriétés structurales semblent primordiales. Les sujets atteints de troubles des conduites alimentaires attribuent principalement des propriétés ingestives aux aliments. Elles concernent les effets sur le corps que procurent les aliments : en termes de poids, d'assimilation. On trouve aussi des propriétés écologiques (la glace est artificielle), déontiques (ce n'est pas bien de manger cet aliment), liée à la pathologie, hédoniques (liées à l'appétence), etc. Chez les témoins, il semble que la représentation des aliments se construise autour de la perception sensorielle et des connaissances diététiques les concernant, des circonstances de consommation (mode de préparation, lieu et le moment). Ces résultats, concernant nos témoins, sont similaires à ceux qui sont obtenus par Ross et Murphy (1999) qui montrent que les participants auraient à la fois des catégories taxonomiques de type “ aliments riches en glucides, hydrates de carbone ” et des catégories liées aux scripts (activités ou événements).

Nos recherches devraient apporter une contribution significative dans la connaissance des processus de catégorisation comme dans celui des représentations (mode d'installation de croyances).

1.8. Perception de la causalité et prédiction du mouvement d'objets

(Florent Levillain et Luca Bonatti).

Plusieurs lignes de recherche semblent mener à la conclusion que les humains ont de bonnes capacités de prédire les événements physiques élémentaires. A la base de cette capacité, il y aurait une compréhension innée ou très précoce de la structure du monde physique, et notamment de la causalité, et une capacité de l'esprit à simuler les événements physiques de sorte à les simuler assez fidèlement. Comme preuve de la précocité des notions de causalité, nous avons les résultats désormais classiques de Leslie sur les enfants de 6 à 8 mois, qui utilise des événements de collision (à la Michotte) pour montrer que les enfants sont surpris quand ils voient des violations causales. Comme preuve de sa nature "perceptive", nous avons les jugements de causalité des adultes, qui sont stables de façon remarquable. Comme preuve de

l'existence d'un simulateur d'événements physiques, nous aurions, entre autres, le déplacement en mémoire de la position où un mobile disparaît (Hubbard).

Toutefois, ces lignes d'évidence utilisent des mesures fort différentes, dont une est implicite (le temps de regard des enfants), autant que l'autre est le rappel explicite (les jugements de position, ou le jugement de causalité des adultes). Qui dit que le temps de regard des enfants et le jugement explicite des adultes sont comparables ?

Nous avons clarifié la question en inventant des nouveaux paradigmes expérimentaux auprès d'adultes, en demandant d'exécuter une tâche implicite d'imagination spatiale (prédiction de la position d'un mobile se déplaçant sur une trajectoire partiellement invisible) et une tâche explicite de jugement de causalité des scènes présentées. Nous avons trouvé deux résultats nouveaux. D'abord, nous avons trouvé des décorrelations entre les jugements explicites et les prédictions implicites: les sujets prédisent mieux la position d'un mobile invisible dans des scènes qui cependant jugent causalement incorrectes que dans des scènes qu'ils jugent plus causalement correctes. Ceci suggère que les résultats des enfants ne peuvent pas être pris comme preuves d'une notion innée de causalité. Ensuite, nous avons constaté que les sujets prédisent la position estimée d'un mobile non visible se déplaçant avec vitesse uniforme avec un très fort retard. Ce résultat, qui va à l'encontre de l'anticipation prédite (et expérimentalement trouvée) par la théorie du "moment représentationnel" semble aussi suggérer que ce dernier n'est pas un effet d'un module de simulation encapsulé, comme il est souvent décrit, mais il se détermine plutôt dans un moment tardif de la construction des représentations dynamiques, ouvertes aux interférences des connaissances et stratégies du sujet.

Nous avons réalisé une vingtaine d'expériences sur ce sujet, tout en mettant en place un système de génération et présentation de stimuli nouveau, et plusieurs papiers sont en préparation.

1.9. Compréhension d’actions visuellement perçues et catégorisation contextuelle

(Elisabetta Zibetti, Charles Tijus, Francesc Beltran, Elisabeth Hamilton, avec A. El Fallah-)

Alors que le système cognitif est très performant et fiable pour interpréter des évènements perçus en termes d’actions, rares encore sont les travaux qui se focalisent sur la reconnaissance de la signification de séquences d'actions du point de vue de l’observateur (Cohen & Ebbesen, 1978; Oatley & Yuill, 1985; Zack & Tversky, 1997; Zacks & Tversky, 2001; Zacks, Tversky & Iyer, 2001). Il s'agit d'expliquer comment la perception d'objets et celle des événements, permet à un observateur d'aboutir à une interprétation en termes d'actions exécutées par des agents. Et de comprendre dans quelle mesure l'attribution de buts aux agents permet à l'observateur d'anticiper des actions dont les événements correspondant ne sont pas encore perçus (e.g., Freyd, 1987).

Les recherches, menées jusqu'à présent, ont porté sur la compréhension des processus psychologiques impliqués dans la production d’inférences relatives à l’action en se focalisant particulièrement sur les aspects liée au contexte spatiale (propriétés relationnelles, physiques et sémantiques entre les objets) et temporel d’occurrence des événements. L'ensemble d’études menés a visé la mise en évidence du rôle fondamental joué par les propriétés physiques de l'environnement et en particulier par celles des objets directement impliqués dans l'événement (Zibetti, 1997; Zibetti, & Tijus, 1997; Zibetti, & Tijus, 1998; Zibetti, Hamilton, & Tijus 1999; Zibetti, Beltran, & Tijus, 2000; Tijus, & Zibetti, 2001; Zibetti, 2001; Zibetti & Tijus, in press, Zibetti,

en révision ; Zibetti, Beltran & Tijus, en révision). Les processus psychologiques, impliqués dans la compréhension d'actions, sont étudiés à partir d'informations statiques (images fixes) ou d'informations de nature dynamique (brèves animations). Un des résultats majeurs de ces études a été de constater que lorsqu'on change les propriétés des objets impliqués dans les événements, la nature des scénarios d'action produits par les sujets diffère grandement. Selon les propriétés des objets, les participants n'attribuent pas, par exemple, de la même façon les rôles d'agents et patients aux "personnages" impliqués dans les événements, aboutissant ainsi à des interprétations différentes de mêmes événements en termes d'action (e.g.: "deux animaux se déplacent rapidement l'un derrière l'autre", si l'animal qui court devant est catégorisé comme étant un chat, et celui qui est derrière comme étant un chien, le participant rapporte percevoir "un chien qui chasse un chat qui s'enfuit". Alors que si l'animal qui est devant est un chien et celui qui suit un chiot, ce même déplacement est interprété, non pas en termes de "chasser et s'enfuir", mais en termes de "suivre et guider").

L'ensemble de ces apports empiriques nous ont permis une première évaluation du modèle théorique basé sur la catégorisation contextuelle (Tijus 2001). Notre proposition basée sur la catégorisation contextuelle considère à la fois le contexte environnemental et le contexte temporel dans lequel intervient l'événement en formalisant le premier par le réseau de catégories correspondant à la distribution des propriétés physiques et relationnelles sur tous les objets de la situation et le second par les transformations de ces propriétés au cours du temps, ce qui se traduit par des changements d'appartenance des objets aux catégories, des modifications du réseau de catégories et la création de nouvelles catégories. La construction de la représentation envisagée ainsi sous forme de réseaux de propriétés permettrait d'accéder à l'action et à l'attribution des buts aux agents (propriétés cognitives). Toutefois, la validation de CADS-INT.ACT (Compréhension par Assignation Dynamique de Signification pour l'Interprétation de l'Action perçue - Zibetti, 2001; Zibetti, Poitrenaud, & Tijus, 2001; Zibetti, Hamilton, & Tijus, en préparation-), n'est pour l'instant qu'un prototype de modèle pour la compréhension d'événements visuels de la part des êtres humains, nécessitant de plus amples développements.

1.10. La modélisation-simulation des actions d'agents interactifs autonomes: ACACIA (Action by Contextually Automated Categorizing Interactive Agents)

(Elisabetta Zibetti, Charles Tijus, Sebastian Potrenaud, Christine Leproux avec Vicenç Quera, Francesc Beltran, Amal El Fallah – Seghrouchni)

Dans la vie quotidienne, les actions d'un agent tiennent compte de la présence des objets de l'environnement et des actions d'autres agents (partage des ressources, buts partagés, concurrents, antagonistes). Cette prise en compte permet non seulement de comprendre ce qui se passe, mais aussi de diagnostiquer et d'anticiper le déroulement des plans supposés être développés par les autres agents et d'agir à son propre tour. Afin de simuler l'interaction entre agents, nous avons conçu un modèle informatique (ACACIA : Action by Contextually Automated Categorizing Interactive Agents) et nous avons donné aux agents artificiels la capacité de s'adapter localement (principes de « l'Adaptive Behavior ») à leur propre environnement sur la base d'une discrimination et regroupement des entités rencontrées (principes de la catégorisation contextuelle) afin d'entreprendre des actions adéquates au contexte actuel.

Le savoir sur l'interprétation de l'action perçue, sur la représentation cognitive de l'action, le savoir sur la simulation du comportement d'agents artificiels autonomes

(GTICC – Université de Barcelone) et celui sur les architectures réparties (Amal El Fallah – Seghrouchni, LIP6) nous a permis de d'aboutir à une simulation psychologiquement pertinente des interactions entre agents (programmation et test des simulations du système ACACIA) et, ainsi, de mieux comprendre ce qui résulte de l'ensemble des actions entreprises par chacun des individus d'un groupe de personnes (Zibetti, Quera, Tijus, & Beltran, sous-presse, Zibetti, Quera, Beltran, & Tijus, 2001).

Les résultats obtenus, ont été la conception de deux version d'ACACIA :

(1) ACACIA 0: écrite avec le langage StarLogo (Resnick, 1994). Dans cette version, les agents agissent suite à des catégorisations d'objets, et autres agents rencontrés, et montrent un comportement adapté qui émerge de l'application d'actions locales en fonctions du type d'objet rencontré, et que leur permet d'atteindre le but recherché. Toutefois, cette première version présente deux limitations majeures.

(2) ACACIA 1: réécrit avec C++ , ce qui lui confère plus de rapidité ainsi que la capable d'utiliser du code externe, très évolutif.

Les premières simulations – expérimentation effectuées avec ces deux versions d'ACACIA montrent que la catégorisation contextuelle associée à des principes d'adaptation locale présente des directions de recherche prometteuses pour rendre compte de la flexibilité de la représentation face à l'imprévisibilité de l'environnement.

La recherche se poursuit avec l'apport de l'équipe Inférence et Apprentissage du Laboratoire de Recherche en Informatique, LRI (Yves Kodratoff, Michèle Sebag, Antoine Cornuejols et Nicolas Bredech), spécialisée dans l'étude des techniques d'apprentissage inductif et dans les problèmes de vie artificielle et Jacques Collet du LAAS pour l'utilisation de MASS (MultiAgent Simulation Software).

2. RAISONNEMENT ET RESOLUTION DE PROBLEMES

2.1. Le raisonnement conditionnel et les effets de contenu

(Guy Politzer)

Le raisonnement conditionnel constitue la tâche la plus étudiée dans le domaine de la déduction. Elle consiste à présenter un énoncé conditionnel si A alors C comme prémisse (dite majeure) suivi d'une autre prémisse (dite mineure) choisie parmi les quatre suivantes: A, non-C, C, ou non-A. Dans les deux premiers cas, on a affaire à des arguments déductivement valides (le premier est le Modus Ponens et le second le Modus Tollens) et dans les deux derniers à des arguments non valides, dits fallacieux. Or, ces dix dernières années, différents auteurs ont montré, en prenant des points de vue théoriques variés, que la performance est susceptible d'altérations très profondes quand, par une manipulation appropriée (portant sur les consignes, le contenu sémantique, ou due à l'introduction d'une prémisse additionnelle) on incite le sujet à exploiter sa connaissance du domaine: l'individu alors importe ou utilise des conditions alternatives (du type S tel que si S alors C est vrai) ou des conditions complémentaires (du type N tel que si non-N alors non-C est vrai), ce qui a pour effet de diminuer le taux d'endossement des quatre arguments: les deux fallacieux sont moins souvent acceptés, mais les deux valides aussi. Par exemple, avec si Pierre travaille beaucoup, il aura son examen; Pierre travaille beaucoup, on peut faire diminuer le taux d'endossement de la conclusion (valide) Pierre aura son examen en activant une conjecture telle que Pierre est malade, etc. ; de même, avec si Pierre travaille beaucoup, il aura son examen; Pierre ne travaille pas beaucoup, on peut faire diminuer le taux d'endossement de la conclusion (déductivement fallacieuse) Pierre n'aura pas son examen en activant l'examen est très facile.

J'ai proposé que l'ensemble de ces effets peut s'expliquer à partir d'une hypothèse inspirée de Mackie (1973) selon laquelle une conditionnelle si A alors C est représentée selon une "forme disjunctive" (A&N) v (S&N') → C dans laquelle S est une condition alternative et N et N' des conditions complémentaires telles que définies ci-dessus. L'ensemble des S et N constitue un "champ conditionnel" qui correspond aux connaissances du domaine. C'est alors un double processus pragmatique qui guide l'interprétation de la conditionnelle, puis l'inférence. D'abord le locuteur énonce la conditionnelle ceteris paribus, c'est-à-dire avec une implicitation qui garantit la satisfaction des conditions complémentaires N. Cette implicitation est révocable; ainsi sachant A (Pierre travaille beaucoup) mais apprenant non-N (Pierre est malade) on ne tire plus C (il aura son examen). Ensuite, une autre implicitation peut être produite, qui n'est pas automatique, celle de l'unicité de A qui peut s'exprimer par si non-A alors non-C (si Pierre ne travaille pas beaucoup, il n'aura pas son examen); elle est aussi révocable: sachant non-A (Pierre ne travaille pas beaucoup) et acceptant par implicitation si non-A alors non-C on tire non-C (il n'aura pas son examen) mais apprenant S (l'examen est facile) on rétracte cette conclusion. L'ensemble de la littérature (et en particulier l'effet de suppression discuté ci-dessous) peut donc recevoir une explication cohérente dans ce cadre théorique (Politzer, sous presse b).

2.2. Raisonnement conditionnel et non monotonie

(Guy Politzer)

Il vient d'être mentionné que si on incite l'individu à exploiter sa connaissance du domaine, il introduit des conditions complémentaires (du type N tel que si non-N alors non-C est vrai) qui ont pour effet de diminuer le taux d'endossement des arguments valides. Ainsi, comme l'a montré Byrne (1989), alors qu'à partir de prémisses comme: (M) si Marie a un exposé à préparer, elle va à la bibliothèque; (A) Marie a un exposé à préparer, la plupart des individus tirent la conclusion (C) Marie va à la bibliothèque, conformément au Modus Ponens, si l'on ajoute aux deux prémisses précédentes la prémisse (P) si la bibliothèque est ouverte, Marie va à la bibliothèque, la moitié des individus ne tirent plus la conclusion précédente: c'est un cas de non-monotonie. Johnson-Laird et Byrne (1991) soutiennent que cet effet va à l'encontre de l'hypothèse de l'existence de règles d'inférence abstraites comme en postulent les partisans de la logique mentale puisque le schéma du Modus Ponens est apparemment supprimé. Nous avons montré (Politzer & Braine, 1991) que cet argument résulte d'une analyse incorrecte, la situation étant en fait un cas typique de raisonnement sous incertitude. Pragmatiquement, la prémisse (P) exploite une propriété des conditionnelles qui est de communiquer une incertitude sur la satisfaction d'une condition nécessaire complémentaire de type N définie ci-dessus. Il en résulte que la condition (A) de la prémisse majeure (M) n'est plus une condition suffisante et l'on bascule dans le raisonnement plausible dont la caractéristique est que l'incertitude introduite dans les prémisses se propage à la conclusion, d'où la réticence de beaucoup à accepter la conclusion sans une nuance de doute. Sur le plan formel, nous avons aussi montré que 1) l'héritage de l'incertitude n'est pas incompatible avec un système de règles de logique mentale, et 2) le fonctionnement des conditions nécessaires complémentaires est compatible avec la conception classique de la crédibilité d'une conditionnelle comme étant mesurée par la probabilité conditionnelle de son conséquent à son antécédent. (Politzer, 2001; Politzer & Bourmaud, 2002).

2.3. Raisonnement oral

(Luca Bonatti)

L'étude des capacités inférentielles dans des conditions de présentation orale des problèmes est à présent presque inexistante. La théorie de la logique mentale (Braine & O'Brien, 1998) soutient que résoudre un problème, c'est en construire une démonstration. Or, une démonstration n'est pas seulement un objet qui occupe de la mémoire, mais un objet structuré: à charge de mémoire égale, une démonstration peut être plus ou moins difficile à suivre, selon le type de règles employées et la structure arborescente de la démonstration. On a fait l'hypothèse que les sujets peuvent bien maîtriser des raisonnements "directs" comme définis dans la théorie de Braine & O'Brien, mais ils ne peuvent pas le faire dans des raisonnements indirects, à charge de mémoire égale. Nous avons montré que dans une classe de problèmes propositionnels similaire a celle testée par Braine (1998), les sujets italiens se comportent comme les sujets américains testés, ce qui nous conforte à penser que la difficulté de ces problèmes propositionnels n'est pas influencée par la langue dans laquelle ils sont réalisés. Nous avons aussi montré qu'il n'y a pas des différences de performance entre une version abstraite des problèmes et une version concrète, ce qui s'accorde très bien avec la théorie de la logique mentale.

Nous avons ensuite montré qu'il n'y a pas de chute en performance quand ces problèmes sont présentés oralement, même si la tache apparaît beaucoup plus difficile. De plus, la logique mentale suggérerait que le rôle des règles étant de réduire la charge en la mémoire, les sujets maintiennent une bonne performance en dépit d'une charge en mémoire. On envisage aussi d'élargir ce type d'étude au raisonnement prédicatif.

Nous avons réalisé 12 expériences sur ce sujet et un papier est en préparation.

2.4. La révision de croyance et l'enracinement épistémique

(Guy Politzer)

La révision de croyance est un thème de recherche très peu développé en psychologie. Certains formalismes élaborés en Intelligence Artificielle proposent des hypothèses dont la plausibilité psychologique est testable expérimentalement.

La problématique est la suivante: étant donné un ensemble de croyances (ou propositions tenues pour vraies) et une nouvelle information tenue pour certaine qui contredit certaines de ces croyances, on est amené à des rétractations. Or, on préférera abandonner certaines croyances plutôt que d'autres: ces dernières sont dites plus enracinées épistémiquement. Selon quelles règles ou principes se fera la rétractation ? Nous avons effectué deux expériences. La première consiste à proposer des arguments déductifs valides à deux prémisses (du type: P1 connecteur P2; P1; conclusion: P2) dont la conclusion est ensuite contredite par une information nouvelle. Comment les sujets vont-ils réévaluer les prémisses ? On trouve que, pour des micro-mondes imaginaires, indépendamment de l'argument (en fait, du connecteur constituant la prémisse majeure) les individus choisissent très majoritairement de remettre en question la proposition composée (majeure) plutôt que la proposition catégorique (mineure); et que la remise en cause se fait par une expression d'incertitude plutôt que par une négation de cette majeure, contrairement aux hypothèses le plus souvent faites en IA.

Dans une seconde expérience, nous avons fait l'hypothèse que, pour le cas où la majeure est une conditionnelle, la tendance à rétracter cette majeure serait une fonction décroissante de sa crédibilité (estimée indépendamment par des juges). Les résultats confirment cette prédiction et renforcent l'idée que la prise en compte de l'incertitude attachée aux énoncés est une caractéristique essentielle du raisonnement humain. On observe d'autre part relativement moins de remises en cause par expression d'incertitude (et donc plus par négation catégorique) pour des scénarios de la vie quotidienne que pour un environnement inconnu. Cela illustre le rôle des connaissances activées par opposition à celui de la forme des arguments et des propositions (Politzer et Carles, 2001).

2.5. Signification des quantificateurs et inférence

(Charles Tijus, avec Anne Laurent et Bernadette Bouchon-Meunier, LIP6)

Alors que les aspects mathématiques et linguistiques des quantificateurs généralisés (e.g., "la plupart") sont fort développés dans la littérature (Carpenter & Just, 1972 ; Holyoak & Glass, 1978 ; Just, 1974 ; Lim, 1998 ; Paterson, Sanford, Moxey & Dawydiak, 1998)., il y a peu d'études sur la manière dont sont résumées des données quantitatives à l'aide de quantificateurs linguistiques.

Les expériences sont menées en deux étapes. La première étape consiste à demander à un premier groupe de participants de décrire verbalement des distributions de pourcentages. La seconde étape consiste à demander à un second groupe de participants de reconstituer les distributions à partir de la verbalisation.

Nous trouvons que les quantités produites par les participants du second groupe sont une bonne approximation des distributions fournies aux participants du premier groupe, alors que les quantificateurs utilisés ne décrivent qu'une part des classes de la distribution. Nous montrons qu'il y a des implications de quantificateurs (e.g., entre un grand nombre et la plupart) et que des dénominations proches (e.g., majoritaire vs. majoritairement) se rapportent à des quantités sensiblement différentes. Enfin, les résultats montrent aussi l'importance de l'information implicite sur le complément véhiculée par l'énoncé sur les classes topiques, en montrant comment la compréhension des quantificateurs peut être modélisée à partir de la notion de quantificateurs flous, et leur utilisation dans le contexte de la fouille de données multidimensionnelles. Nous avons réalisé 4 expériences et un article est soumis et un autre est en préparation.

2.6. Modes de traitement de l'implication par de futurs enseignants de mathématiques

(Janine Rogalski avec M. Rogalski, Laboratoire AGAT Lille 1-CNRS & Institut Mathématique de Jussieu Paris 6-CNRS)

Cette recherche s'inscrit, d'une part, dans le débat sur l'étude des différences individuelles dans le raisonnement (Stanovich, 1999 ; Stanovich & West, 2000) et d'autre part, dans les recherches sur l'enseignement et l'apprentissage de la démonstration, outil central en mathématique (Hanna, 2000).

Dans deux études avec des candidats enseignants de mathématiques (107 et 71 sujets) on a d'abord établi une typologie de différences implications, prenant en compte les contenus des assertions et des modes de validation possibles : implications "calculables", "arbitraires" (dont la tâche de sélection Wason, 1966), "de contrat social" (cf. actes de langage directif, promissif, déclaratif) — et "factuelles non calculables" (les assertions P et Q sont des données immédiatement saisissables).

À partir des réponses à trois implications factuelles à prémisse fausse, on a défini des profils logique (L), pertinent (P) (une implication n'a de pertinence que si la prémisse est vraie), non conditionnel (NC) (l'implication est fausse si la prémisse est fausse), et sans dominance (SD). Les résultats montrent une stabilité de distribution des profils (environ 40% NC, 20% L, P, et SD).

La majorité (±70%) des profils L évalue correctement les implications (et répond logiquement à 2 items "Wason"). Les profils L et P sont globalement efficaces dans les inférences habituelles (de P(x) vraie à Q(x) vraie), mais les profils P (50% de réussite aux items "Wason") sont déstabilisés par la mise en évidence du caractère non vérifié de la prémisse. Les profils NC évaluent le plus souvent de manière erronée les implications à prémisses fausses même calculables, et les profils NS et SD sont peu cohérents dans le traitement des items mathématiques. Enfin, la contraposition apparaît un outil cognitif mobilisé par la moitié des sujets, de manière différentielle : un profil L a très peu besoin de l'utiliser pour répondre logiquement (20% des réponses correctes y font référence) ; un profil P un peu plus (40%), alors que 60% à 70% des réponses correctes des profils NC et SD utilisent la contraposition. Le profil NC est sensible aux formulations qui déclenchent ou non l'utilisation de cet outil (la réussite aux items "Wason" passe alors de 40 à 60%). (Rogalski & Rogalski, 2001; accepté).

2.7. L'analogie comme mécanisme de catégorisation et d'abstraction

(Emmanuel Sander, Jean-François Richard)

Dans la lignée de nos travaux précédents sur les mécanismes de l'analogie (Sander et Richard, 1997, 1998), nous avons développé une théorie de l'analogie guidée par un mécanisme d'attribution de propriétés et d'abstraction à l'intérieur d'un réseau sémantique de catégories (Sander, 2000, 2003) qui répond à des difficultés rencontrées par les théories fondées sur la comparaison (Gentner, 1983 ; Holyoak & Thagard, 1995 ; Gentner, Holyoak & Kokinov, 2001) : (i) En tant que mécanisme de catégorisation, l'analogie est susceptible de s'appliquer à des situations dans lesquelles la représentation de la cible est frustre, l'encodage initial étant guidé par la source (ii) Les appariements possibles n'étant envisagés qu'à l'intérieur du réseau, le mécanisme d'abstraction fournit un système de contraintes qui limite l'explosion combinatoire provoquée par un test extensif de l'ensemble des appariements possibles entre la source et la cible (iii) Il propose un traitement de la difficile question de la re-représentation (Holyoak & Thagard, 1995), conduisant à la prise en compte par un parcours sémantique, à partir d'un couple source cible donné, de propriétés qui ne sont présentes ni dans la source ni dans la cible, ce qui permet d'appréhender la dimension créative de l'analogie, qui cesse d'être un mécanisme local et guide l'évolution de la représentation. Actuellement (Sander et Richard, en préparation), nous visons à proposer une approche unifiée qui distingue plusieurs mécanismes de l'analogie selon la nature de la cible et de la source.

2.8. Etude des composantes sémantiques dans les isomorphes de la Tour de Hanoi

(Jean-François Richard, Evelyne Clément, I. Nayigizente, Charles Tijus)

La situation des Tours de Hanoi a donné lieu à d'abondantes recherches : les plus nombreuses ont été consacrées à l'étude de la planification et ont permis d'étudier les composantes de la représentation liées à la formation des buts. Une autre série initiée par Kotovsky, Hayes et Simon (1985) concerne l'étude des isomorphes de ce problème qui ont la même structure mais dont l'habillage sémantique diffère : par exemple le changement porte sur la taille des objets et non sur leur emplacement. Ces modifications permettent d'étudier les changements de l'interprétation de l'action, ce qui ne peut être fait dans le problème original, car l'action est correctement interprétée, au moins par les adultes.

On a pu montrer, à la suite Kotovsky, Hayes et Simon (1985) que l'adoption de l'interprétation appropriée pour le problème constituait la majeure partie de sa difficulté et qu'une fois celle-ci établie, les contraintes de la planification étaient rapidement surmontées.

Dans une série de recherches, nous avons fait varier systématiquement les dimensions de déplacement et de taille en les rendant formellement équivalente : des objets de taille différente changent de place et des objets situés à une place différente changent de taille suivant les mêmes règles. On a pu ainsi montrer quelles sont les différences sémantiques entre les dimensions de lieu et de taille. Tout d'abord nous avons pu montrer que les situations de type tours de Hanoi imposent un certain type d'interprétation de l'opérateur de changement pour pouvoir être résolues : le changement doit être conçu comme une transition sans intermédiaire entre deux états. Cette interprétation est immédiate chez les adultes pour la situation disques empilés :

l'action de déplacer se décompose en deux sous-buts : prendre et poser. L'interprétation la plus habituelle d'un changement c'est quitter un état initial, passer par des états intermédiaires et aboutir à un état terminal. C'est l'interprétation générale dans le cas du changement de taille (on ne peut pas passer de petit à grand sans passer par moyen) mais également pour le changement de lieu dans le cas d'un déplacement par ascenseur et chez beaucoup d'enfants pour la situation de tours de Hanoi.

L'expérience a montré que les sujets ne commencent à avancer vers la solution qu'après avoir formulé une interprétation en termes de changement d'état sans transition (perdre une taille, en prendre une nouvelle). Un autre élément de différence entre le changement de taille et le changement d'emplacement est que si deux objets peuvent avoir la même taille, ils ne peuvent avoir le même emplacement, sans avoir en même temps une propriété supplémentaire, c'est que l'un est nécessairement posé sur l'autre. Ainsi peuvent se créer des affordances : le disque qui est au-dessus de la pile est nécessairement le plus petit de la pile, de sorte qu'on voit immédiatement le disque prenable dans chaque pile, sans avoir à comparer les tailles, comme cela est nécessaire dans la situation ascenseur. Cela explique que les problèmes de tours de Hanoi soient plus faciles. On a pu en manipulant les situations arriver à égaliser la difficulté de la dimension de taille et de celle d'emplacement, ce qui montre que les facteurs mis en évidence épuisent les différences. Ainsi l'étude de la résolution de problème permet une analyse fine de la représentation de l'action.

2.9. L'extraction des propriétés pertinentes pour l'action en résolution de problèmes

(Agnès Danis, Charles Tijus avec Arnaud Santolini et Emmanuel Devouche, Annabelle Froger, Aline Frey, Mary Bazire)

Résoudre un problème, c'est tout d'abord pouvoir extraire les propriétés pertinentes pour l'action de sorte les objets sont catégorisés pour leur utilisation, dans leur contexte d'utilisation. Il ne s'agit pas, comme pour Mandler, Fivush & Reznick (1987), de catégories d'objets contextualisés (les objets de la cuisine, les objets de la salle de bains), mais d'objets qui sont traités en catégorisant tous les objets présents dans un même réseau de catégories, ce qui permet d'abstraire les propriétés relationnelles à partir de l'alignement structural permis par le réseau de catégories. C'est la mise en correspondance entre une propriété et l'exigence de la tâche qui fournirait l'abstraction de cette propriété.

Nous avions trouvé (Danis, Santolini & Tijus, 2000), avec une épreuve d'emboîtement de pièces géométriques dans des plots, que les enfants de moins de 4 ans utilisent la couleur comme propriété fonctionnelle pour emboîter, et pas la forme. A partir de 4 ans et demi les enfants utilisent la forme sans être influencés par la couleur. Les auteurs trouvent aussi que les enfants auxquels sont donnés quatre pièces et quatre plots pour emboîter les pièces font correspondre une pièce à chaque plot. Ce processus d'alignement ne permet pas de résoudre le problème lorsque plusieurs pièces de même forme vont sur le seul plot qui a cette forme. En revanche, découvrir qu'une pièce ne va pas forcément sur le plot de même couleur, et que plusieurs pièces vont sur un même plot leur permet de découvrir que la mise en correspondance doit être faite en considérant la forme. Ces travaux ont été poursuivis en variant les conditions (sans couleur vs couleur, les formes intérieures et extérieures) et en reconsidérant la notion de précatégorisation (Santolini, Danis et Tijus, 2002).

2.10. Découverte de règles et Résolution de problèmes

(Charles Tijus, Aldo Zanga, Jean-François Richard, avec Olga Megalakaki)

L'étude de l'apprentissage implicite des règles qui structurent un matériel est menée habituellement auprès d'adultes et les résultats montrent généralement une différence entre le nombre de règles effectivement acquises et le nombre de règles verbalisées. Cette différence est expliquée par certains auteurs en termes de dissociation entre apprentissage et verbalisation. Toutefois, les auteurs ne se sont pas assurés, au préalable, du caractère verbalisable des règles à découvrir, du rôle de la nature de la tâche, ou encore de la généralisation des résultats auprès d'enfants.

En utilisant le problème des anneaux chinois (PAC), ou baguenaudier comme un problème d'apprentissage implicite (Kotovsky & Simon, 1990), trois expériences ont d'abord été menées pour s'assurer que les enfants de 10-11 ans peuvent comprendre et appliquer les règles (expérience 1), les découvrir et les exprimer d'autre part (expérience 2) et, enfin, que le but, en focalisant l'attention sur l'écart au but, diminue les performances et amoindrit le nombre de règles verbalisées (expérience 3). L'ensemble des résultats, compatibles avec ces hypothèses, conforte l'idée que la dissociation entre apprentissage et verbalisation dépend de la nature de la tâche: découverte de règles versus atteinte de buts.

Résoudre un problème ne consiste pas seulement à planifier les actions pour atteindre le but, mais surtout à comprendre les règles du problèmes. Notre hypothèse est qu'une difficulté de résolution provient de la focalisation sur l'atteinte du but qui fournit un frein à la découverte des règles. Lors d'une résolution de problème structuré par des règles, nous avons proposé l'idée que la poursuite du but devient primordiale empêchant ainsi la découverte explicite des règles. Dans l'expérience 4, les verbalisations que les participants fournissent en fin d'épreuve, attestent que les règles qu'ils ont pourtant employées demeurent implicites et que seules quelques règles suffisamment opérationnelles paraissent les guider pour pouvoir progresser dans l'espace-problème, règles qui demeurent pour une grande part implicites. En permettant aux participants d'extraire plus d'informations sémantiques de la tâche (expérience 5), on observe que les performances de résolution sont augmentées (ils font plus d'essais licites) et que la part de l'implicite des verbalisations s'en trouve diminuée.

Nous avons ensuite émis l'idée que la visée d'un but spécifique (un état du problème) a un double effet sur la découverte de règles. Le premier effet est positif et provient des résultats des actions : généraliser les résultats en les associant aux conditions dans lesquelles ils ont été obtenus permet de découvrir la règle. Le second effet est négatif. En poursuivant le but, les participants tendent à réduire l'écart au but (hill climbing) et négligent l'exploration parce qu'elle les éloignerait du but. Les résultats montrent que planifier l'atteinte du but accroît la performance dans la tâche d'apprentissage implicite (expérience 6) et amoindrit la performance dans la tâche de résolution de problème (expérience 7). Les processus de découverte de règles semblent bien être sous la dépendance de la tâche.

2.11. Modélisation de l'activité de résolution de problème dans le test de Passalong

(Jean-François Richard et Mojdeh Zamani)

La résolution de problème a été étudiée dans le test de Passalong qui est une tâche plus complexe que celles qui sont étudiées habituellement, en ce que ce test comporte un ensemble de problèmes entre lesquels on peut établir des analogies et qui par leur complexité croissante présentent des contraintes différentes et donc exigent une

adaptation de la représentation. On a montré que l'efficience dans ce type de problème réside essentiellement dans la capacité de changer sa représentation de la tâche pour prendre en compte une contrainte supplémentaire et que ces changements se font à la faveur des impasses.

Un résultat important est que l'information présente dans les impasses, qui est pertinente pour comprendre que le but poursuivi est inadapté ou pour suggérer quel but plus favorable on peut se donner en la circonstance, est peu prise en compte en situation de résolution : les sujets qui après avoir résolu les problèmes faciles sont invités à réfléchir sur les impasses présentées sur des fiches en dehors de la résolution effective se révèlent plus performants par la suite que ceux qui ont rencontré les mêmes impasses en cours de résolution :ils formulent les contraintes du problème et ajustent leurs buts en fonction de celles-ci. Cela signifie donc que les impasses contiennent l'information utile et que les sujets sont capables de la traiter quand ils ne sont pas en situation de résolution effective mais qu'ils prennent peu en compte cette information quand ils sont engagés dans l'action. Les différences de performance sont considérables, ce qui explique l'utilisation de cette tâche comme test d'intelligence : l'efficience tient d'une part à la capacité d'utiliser l'information présente dans les impasses et d'autre part de construire de heuristiques spécifiques à la situation qui permettent d'éviter les impasses ou d'en sortir une fois qu'on s'y est engagé.

3- REPRESENTATION DES CONNAISSANCES

3.1. L’organisation des représentations d’action

(Jean-Marc Meunier)

Dans nos précédents travaux, nous avons étudié sur les significations d’action et de leur organisation. Notre approche à consister à étudier les significations d’actions à travers les verbes d’action qui sont les items lexicaux qui les expriment le plus directement dans le langage. Nous avons utilisé pour cela des tâches de classification et de jugement. Nous avons ainsi pu montrer que les significations d’action sont organisées en un nombre limité de champs sémantiques (Meunier, 1999, 2001). Ceux-ci semblent pouvoir s’organiser en trois grands domaines en fonction du type de propriétés des objets impliqués par la signification des actions (Richard, Poitrenaud, Meunier, 2000).

Nous pouvons ainsi distinguer :

i) Les actions exprimant la modification d’une propriété qu’on peut qualifier d’extrinsèque en ce sens que sa modification ne remet pas en cause l’existence de l’entité dont il est question dans l’action. Ce sont les champs sémantiques du changement de localisation (mouvement et déplacement) et le champ de la possession.

ii) Le second domaine concerne les actions relatives aux propriétés intrinsèques des entités, c’est-à-dire à leur intégrité. On distinguera dans ce domaine les actions relatives à la conservation ou à la constitution de l’unité d’une entité (modification de propriétés, assemblage, conservation de l’intégrité) et les actions relatives à l’atteinte à l’intégrité (agression, destruction).

iii) Le troisième domaine est celui des activités. Il comprend le champ de ce que nous avons appelé “ activités de base ” qui regroupe les verbes exprimant la satisfaction de certain besoin (boire, manger etc.) et les verbes d’expression. Le second champ dans ce domaine est le champ des verbes décrivant le déroulement d’un processus ou d’une activité comme “ commencer ”, “ faire ”, “ terminer ” ou “ continuer ”.

Ce travail de recherche a été poursuivi selon deux axes, celui de l’articulation de ces représentations d’actions avec les autres représentations et celui de la polysémie verbale.

3.2. Représentation d’action et représentation des états mentaux

(Jean-Marc Meunier & Suzanne Legros)

Les verbes mentaux sont organisés en champs sémantiques qui ont été partiellement décrits dans la littérature linguistique mais dont la validité psychologique n'a pas été testée. Toutefois, les principaux travaux portent sur des catégories restreintes de verbes, essentiellement celles des verbes cognitifs ou déontiques. Certains auteurs comme C. Kerbrat-Orecchioni (1980,1990) ou Le Querler (1996) suggèrent l’existence d’autres catégories de verbes mentaux, sans qu’elles fassent l’objet d’un consensus. Notre premier objectif a été de tester la pertinence psychologique de ces diverses catégories. Nous avons utilisé pour cela une tâche de classification libre des verbes et analysé les données au moyen de méthodes d’analyse hiérarchique et multidimensionnelle.

Nos résultats nous ont permis d'identifier cinq grandes catégories sémantiques comme celles des verbes de cognition ou de motivation. Ils permettent également de proposer et de tester des hypothèses sur les dimensions majeures qui paraissent se structurer principalement autour des verbes de cognition. Nous explorons actuellement ces hypothèses.

3.3. Modèles vectoriels de la mémoire sémantique et leurs utilisations

(Cedrick Bellissens, avec P. Thérouanne et G. Denhière, 2002).

Les modèles "Latent Semantic Analysis" (LSA ; Landauer et Dumais, 1997) et "Hyperspace Analog to Language" (HAL ; Lund et Burgess, 1996) peuvent être qualifiés d'abstractifs (Tiberghien, 1997) car ils modélisent le résultat d'une généralisation sémantique sur un ensemble d'épisodes d'apprentissage. Ces modèles analysent statistiquement la distribution de termes dans de larges corpus textuels pour élaborer un espace sémantique dans lequel chaque terme est représenté par un vecteur. A partir de la description et de la comparaison des deux modèles, nous montrons que ces modèles sont capables de prédire des résultats d'amorçage sémantique et qu'ils peuvent être couplés à des modèles de compréhension tels que Construction-Intégration (Kintsch, 1988) pour simuler l'accès à la signification, la prédication et la construction d'une représentation mentale cohérente d'un texte.

Nous avons reproduit des résultats d'amorçage sémantique avec deux modèles récents de la connaissance sémantique caractérisés par l'utilisation de la cooccurrence ou du partage d'environnement dans leur algorithme (HAL et LSA en anglais et en français). Nous montrons que ces modèles peuvent expliquer ces organisations. De plus, nous montrons que les organisations syntagmatiques et paradigmatiques sont sémantiques et que le développement de ce genre de structures sémantiques pourrait expliquer certains effets d'expertise, comme l'intervention de la mémoire de travail à long terme dans la compréhension.

3.4. Le modèle CI-LSA+généralisation. Bellissens et Denhière

(Cédrick Bellissens, avec Thiesbonenkamp, et G. Denhière, (2002).

Kintsch, Patel et Ericsson (1999), ainsi que Myers et O'brien (1998) ont imaginé un modèle de la représentation mentale d'un texte qui pourrait servir de structure de récupération en cours de lecture. Cependant si ces modèles expliquent la manière dont une information encodée peut être rapidement récupérée, ils ne donnent pas d'explications réalistes de la manière dont une information est encodée pour être rapidement récupérable en mémoire à long terme. Nous avons proposé en accord avec la théorie de la mémoire de travail à long terme de, non seulement coupler les modèles CI et LSA (Kintsch, Patel, & Ericsson, 1999), mais également d'ajouter un processus de généralisation des informations encodées. Ce modèle permet de simuler l'activité de compréhension en cours de lecture. Chaque phrase est traitée et représentée en mémoire sous la forme d'une trace épisodique. L'ensemble des traces épisodiques est ensuite généralisé pour former une structure de récupération composée des informations encodées associées à des indices de nature sémantique. Les indices de nature sémantique sont des macro-propositions qui généralisent le sens des traces épisodiques sur la base d'un chevauchements de propriétés sémantiques. Plus tard, au cours du traitement du texte, l'activation d'un indice de ce type permet de récupérer les informations encodées qui lui sont associées. Les résultat du modèle sont fortement corrélés aux résultats obtenus avec des sujets humains (Bellissens, 2002).

3.5. Cartes conceptuelles et aide à la construction des connaissances

(Josanne Basque, Béatrice Pudelko, Denis Legros)

Une première recherche a permis de concevoir une méthode d'évaluation des cartes conceptuelles, suite à la lecture de textes, à l'aide du logiciel " Mot ", outil de modélisation graphique des connaissances. Cette méthode, fondée sur le cadre théorique et empirique de la sémantique cognitive permet d'analyser la structure du contenu de la représentation externe (carte conceptuelle ou texte) en relation avec (1) la structure de la représentation interne, (2) et l'effet de la médiation du système de représentation externe.

Une seconde recherche a permis d'analyser l'activité de construction de cartes conceptuelles par des étudiants adultes dans un cours universitaire en sciences cognitives, diffusé en ligne et à distance. Chaque étudiant élabore une carte conceptuelle après la lecture d'une série de textes sur le domaine de connaissance. La construction des cartes conceptuelles, réalisée à l'aide du logiciel MOT, permet la représentation graphique des connaissances. Les étudiants rédigent également un texte explicatif de leur carte. Les premiers résultats ouvrent de nouvelles perspectives à la recherche sur la production et les systèmes d'aide à la construction des connaissances.

3.6. Propriétés, Catégories et Catégorisation

(Sébastien Poitrenaud, Jean-François Richard et Charles Tijus)

Nous avons réévalué les résultats expérimentaux qui montrent une grande part de variété dans le contenu des catégories en considérant le fait que ces résultats ont été obtenus dans une tâche spécifique : la production de propriétés de catégories isolées. Nous avons présenté de nouvelles données qui montrent un large consensus lorsque les participants doivent juger si oui ou non une propriété est caractéristique d'une catégorie et montré que les tâches de classification produisent un niveau intermédiaire de consensus

A partir de ces données, nous défendons l'idée que les différences qui sont observées entre les tâches sont dues au contexte de ces tâches et nous proposons une réinterprétation des effets de typicalité compatible avec l'existence d'un noyau conceptuel stable.

Pour expliquer comment l'existence d'un noyau conceptuel stable est compatible avec la variabilité due au contexte, nous avons élaboré une théorie de la catégorisation basée sur une organisation arborescente des propriétés. Tout d'abord, dans un domaine de description, nous faisons une distinction entre les implications sémantiques (voler implique bouger) et les implications empiriques (voler implique avoir des ailes) et une distinction entre les propriétés qui sont utilisées pour décrire les objets.

Ensuite, les implications sémantiques servent à construire les lignées de propriétés et le treillis de Galois est utilisé pour mettre en évidence la structure de catégories correspondante aux implications empiriques. Nous montrons ainsi que la variabilité catégorielle peut alors être expliquée par le fait que certaines propriétés sont rendues saillantes et d'autres masquées par le contexte.

4. TRAITEMENT, COMPREHENSION ET APPRENTISSAGE DE CORPUS VERBAUX ET ICONIQUES

4.1. Apprentissage statistique des mots et règles de la langue

(Luca Bonatti, avec M. Pena, M. Nespor et J. Mehler)

Pour maîtriser une langue il faut construire un vocabulaire et un système de règles de génération de mots et phrases. Les deux taches ne sont pas simples, notamment parce que la langue parlée (à différence de la langue écrite) ne contient pas des signaux physiques qui marquent où un mot se termine et où un autre commence. Comment les enfants font-ils pour développer assez vite leurs connaissances lexicales et grammaticales reste un mystère. Récemment des chercheurs (Saffran, Newport, Récemment, J. Mem. Lang. 35, 606 (1996); Saffran Récemment Newport, Science 274, 1926-1928 (1996)) ont révélé que les enfants et les adultes possèdent des capacités insoupçonnées à faire des calculs statistiques complexes qui pourraient les aider à trouver les mots dans un signal continu de parole. L'impact sur la littérature de cette découverte a été très important, au point que plusieurs chercheurs ont pensé que les capacités statistiques découvertes par Saffran et al pourraient suffire à expliquer l'apprentissage de tous aspects d'une langue, y compris ses propriétés grammaticales.

Dans nos expériences, nous avons essentiellement mis les adultes dans les conditions d'un bébé, qui doit trouver des mots ou des règles à l'intérieur d'un flux continu de parole provenant d'une langue qu'il ne connaît pas. Pour faire cela, nous avons inventé des petits "langues" inexistantes et nous avons synthétisé par ordinateur des segments continus de parole de ces langues, en éliminant toutes informations prosodiques. La tache des sujets était de trouver les "mots" de cette langue imaginaire après avoir écouté le flux de parole pour une période variable entre 30 secondes et 2 minutes, selon l'expérience.

Nous avons découvert trois faits de base. D'abord, nous avons montré que les adultes peuvent faire des calculs statistiques encore plus complexes de ceux qui ont été découverts précédemment. Ensuite, nous avons montré que, en dépit de leurs habilitées statistiques, les sujets n'arrivent pas à découvrir des propriétés structurales contenues dans ces langues imaginaires, même s'ils pourraient le faire facilement sur la base des calculs statistiques qu'ils font. Finalement, nous avons caché dans le flux continu de parole des silences de 25 ms, qui signalent les frontières des mots, mais ne sont pas aperçus consciemment par les sujets, et nous avons montré que quand le flux de parole contient ces signaux subliminaux de segmentation, les sujets capturent la même propriété structurelle qui leur échappait auparavant très vite (avec une exposition de seulement un cinquième de l'exposition précédente).

Les trois résultats pris ensemble suggèrent que l'esprit est plus riche que prévu. Ses capacités statistiques sont plus grandes, et cependant insuffisantes pour capturer des généralisations simples nécessaires pour apprendre une langue. Nous suggérons donc l'existence de deux processus computationnels différents. Un des deux se base sur la pondération de l'évidence statistique, il a le but de segmenter un continu dans ses parties composantes, mais ne peut pas "voir" ses propriétés structurales. L'autre, qui a pour but la découverte des éléments grammaticaux d'un corpus, semble par contre ne

pas être de nature statistique, mais plus proche d'un processus de formulation de conjectures implicites sur sa structure. Nous suggérons que des propriétés très subtiles du signal de parole modulent le fonctionnement de deux systèmes.

Dans le complexe, nous avons mené environs 80 expériences sur ce sujet, dont 8 publiés dans la référence ci-dessous. Parmi les articles publiés dans Science, la reconnaissance de l'importance de ces résultats pour la communauté scientifique en général, notre travail a été sélectionné pour publication dans Science Express (août 2002). D'autres papiers sont en préparation.

4.2. L'étude de la polysémie verbale

(Jean-Marc Meunier)

Nous avons entrepris d'explorer l'idée de considérer l'item verbal comme une catégorie de significations (Desclés, Flageul, Kekenbosch, Meunier, & Richard, 1998). Cette proposition nous paraît intéressante car dans nos précédents travaux nous avons pu montrer que les significations d'actions entretiennent d'étroites relations avec les propriétés des objets. Par exemple, nous avons montré dans l'étude de l'organisation interne des significations de mouvement que quatre types de propriétés organisent ce champ : les propriétés du milieu (marcher, voler, nager), les propriétés locatives (entrer, sortir), les propriétés agentives (conduire, emmener etc.) et les propriétés du mouvement (accélérer, ralentir) (Meunier, 1999). On peut alors considérer l'utilisation d'un verbe comme une façon de catégoriser la situation en pointant sur des propriétés particulières (Richard, Meunier, Poitrenaud 2001).

Nous avons montré dans une expérience récente que des sujets à qui nous demandions de classer les différents emplois d'un verbe tel que “ monter ” organisent les significations en classe distinctes qui se rapprochent beaucoup de la structuration des significations de “ monter ” qu'a proposée J.P. Desclés (Desclés et al, 1998).

4.3. Compréhension des énoncés métaphoriques

(Elisabeth Hamilton, Sébastien Poitrenaud, Charles Tijus, D. Legros, B. Pudelko)

Nous avons étudié le rôle du contexte dans la levée de l'ambiguïté entre les différentes significations de la métaphore attributive du type [X (topique) est Y (véhicule)]. Les résultats de deux expériences montre (i) que la propriété du véhicule qui est attribuée à la topique dépend de l'information délivrée par le contexte sur la topique, et (ii) que l'interprétation conventionnelle ne prédomine que si le contexte est neutre. En outre, nous trouvons que l'information contextuelle sur la topique qui est congruente avec une propriété du véhicule favorise aussi le transfert d'une autre propriété.

Nous interprétons nos résultats sur le rôle déterminant du contexte dans la compréhension de la métaphore à la fois en termes d'appariement des propriétés (Gentner & Wolff, 1997) et de catégorisation (Glucksberg, Manfredi & McGlone, 1997). Dans notre approche, comprendre une métaphore consiste à inclure la topique dans la catégorie du véhicule et lui attribuer certaines des propriétés de la catégorie, dans le cadre d'un réseau de catégories des objets de la situation (contexte, topique et véhicule). Les propriétés effectivement attribuées sont celles qui sont spécifiées par le contexte dans lequel apparaît la topique. Trois autres expériences sont en cours.

4.4. Etude de la classification des devinettes

(Suzanne Legros et Guy Politzer)

Afin de comprendre les mécanismes de la production et de la compréhension de certains textes humoristiques, nous avons dans une première étape, recueilli un large corpus de devinettes puis, à partir de cette base, nous avons élaboré une classification fondée sur des concepts linguistiques (syntaxiques et pragmatiques) qui, par hypothèse, sont les supports de l'effet de drôlerie. Nous pourrons utiliser ce travail pour étudier le développement des processus métacognitifs et métalinguistiques nécessaires à la construction des représentations sémantiques complexes que l'on rencontre dans certaines situations de communication.

4.5. Contextes culturels, compréhension et mémorisation de textes

(D. Legros et E. Maître de Pembroke)

Cette recherche a permis d'étudier, à l'aide de tâches de rappel et de résumé, la compréhension de deux récits par 20 enfants togolais et 20 enfants de la banlieue parisienne de classes de CE2. Contrairement aux élèves des écoles de la banlieue parisienne, les élèves togolais produisent plus de propositions au cours des deux épreuves que les enfants français, et ces propositions sont produites essentiellement sous forme de mot à mot. Plusieurs hypothèses peuvent expliquer ces résultats : la tradition orale, l'utilisation du français oral comme langue d'enseignement, compte tenu du manque de matériel imprimé, l'apprentissage par cœur qui subsiste encore dans de nombreux systèmes scolaires de l'Afrique. Ce contexte développerait chez les élèves togolais des modalités de traitement des informations différent de celui développé chez les élèves vivant dans les cultures écrites. Les enfants togolais doivent en effet mettre en mémoire, non seulement le contenu sémantique du texte, mais le véhicule de ce contenu, c'est-à-dire les mots.

4.6. Compréhension de l'information iconique

(Charles Tijus, Liliane Lambinet, avec Javier Barcenilla, Cambon de Lavalette, et Alexandre Lacaste)

Les pictogrammes sont utilisés pour toutes sortes d'activité humaine : des instructions officielles, - dont celles qui concernent la sécurité - , jusqu'aux activités ludiques. Toutefois, alors même qu'il s'agit de simples images, il y a peu d'études qui montrent comment il est possible de s'en servir pour indiquer les changements d'états qui soutendent l'action et comment un dessin peut dénoter la catégorie d'objets concernés.

Nous utilisons le modèle de catégorisation contextuelle (Tijus, 2001) pour simuler et prédire le rôle du contexte dans les processus de compréhension de l'information iconique. Le modèle intègre le but de l'utilisateur sous la forme d'un ensemble de propriétés de l'état-but, la situation courante sous la forme de l'ensemble des propriétés de l'état précédent et courant, le contexte présent comme un ensemble de propriétés relationnelles entre le but et la situation, et le contenu d'un pictogramme comme l'ensemble des propriétés de ce pictogramme. L'intégration de ces divers ensembles de propriétés est réalisée par un mécanisme de catégorisation qui fonctionne comme un filtre qui permet de différencier et de mettre en correspondance les propriétés par un appariement basé sur la similarité.

Avec Stone (Poitrenaud, 2001), nous avons réalisé la description intégrée de quelque 200 panneaux de la signalisation routière. Chaque panneau est décrit selon la tâche du conducteur, le trafic routier et les propriétés visuelles du panneau. Nous montrons ainsi que les relations (indépendance, exclusion, inclusion, équivalence) entre les catégories de panneaux définies par leurs propriétés reflètent la structure sous-jacente

à la signalétique routière : la congruence à laquelle on peut s'attendre, mais aussi des incongruences qui s'expliquent par l'historique de la conception de la signalétique routière.

Nous avons également mené trois expériences pour étudier comment les pictogrammes sont interprétés lorsqu'ils sont présentés seuls (e.g., pictogrammes pharmaceutiques), lorsqu'ils font partie d'une séquence (e.g., un manuel d'instructions) et lorsqu'ils sont répartis spatialement (e.g., les icônes du bureau de l'ordinateur). Ces résultats montrent que but de l'utilisateur, la situation, le contexte et le contenu des pictogrammes affectent la manière dont les utilisateurs comprennent les pictogrammes.

Enfin, nous avons élaboré les premiers éléments d'une théorie de la psychologie du traitement de l'information iconique par analogie à la manière dont on traite l'information textuelle : en construisant un modèle de situation. L'effet propre au pictogramme, selon lequel « un pictogramme vaut mieux qu'un libellé, parce que reconnaître une image est plus facile que lire un texte (Norman, 1990) » proviendrait du codage de la microstructure : codage symbolique vs. Codage analogique.

5. APPRENTISSAGES SCOLAIRES, PROFESSIONNELS ET COMPETENCES

5.1. Conceptualisation arithmétique, résolution de problèmes et enseignement des nombres et des opérations arithmétiques à l'école

(Rémi Brissiaud)

Les enfants sont susceptibles de trouver la solution d'un grand nombre des problèmes arithmétiques que les experts résolvent à l'aide d'une opération (addition, soustraction, multiplication ou division) avant d'avoir reçu un quelconque enseignement concernant ces opérations arithmétiques. Dans les problèmes utilisés pour le mettre en évidence, les données numériques sont de petites tailles (le plus souvent, il s'agit de nombres à 1 chiffre) et, afin de trouver la solution, les enfants utilisent des procédures informelles qui consistent en une sorte de simulation de ce qui est dit dans l'énoncé. Ils s'aident souvent de matériel, de leurs doigts ou bien ils dessinent des unités, ce que la petite taille des nombres autorise (Vergnaud et Durand, 1976 ; Kouba, 1989).

Considérons ainsi les deux problèmes suivants : " Léa a 9 billes ; elle perd 3 billes. Combien lui en reste-t-il ? " et " Eric a 3 billes ; il en gagne et après il a 9 billes. Combien a-t-il gagné de billes ? ". Avant tout enseignement, les enfants les résolvent en utilisant des procédures informelles très différentes : procédure de retrait dans le premier cas, d'ajout dans le second. En revanche, lorsque ces problèmes sont proposés plus tard à des experts avec des grands nombres, ils sont résolus par la même opération arithmétique : la soustraction. Le progrès se traduit donc par le fait que les enfants découvrent qu'ils peuvent se comporter de la même manière (ici, utiliser la soustraction) dans des situations différentes.

Il était évidemment intéressant de proposer à des novices des problèmes avec de plus grands nombres. Or, lorsque la taille des nombres augmente, j'ai montré (Brissiaud, 1995) qu'un même problème peut soit rester bien réussi par les novices (cas de : " " Eric a 44 billes ; il en gagne et après il a 47 billes. Combien a-t-il gagné de billes ? "), soit être massivement échoué (cas de : " Eric a 3 billes ; il en gagne et après il a 47 billes… "). Ce n'est donc pas nécessairement le problème qui utilise les plus grands nombres qui est le moins bien réussi. Avec les nombres 44 et 47, les enfants disent souvent : 44 puis lèvent 3 doigts : 45 (1), 46 (2), 47 (3). La simulation de ce qui est dit dans l'énoncé conduit presque d'emblée à la solution numérique : il y a dans ce cas concordance entre la représentation initiale de ce type de problème et l'économie de sa résolution numérique. Avec 3 et 47, les enfants s'y prennent de la même manière : 3, 4 (1), 5 (2), 6 (3), 7 (4)… mais la longueur de cette procédure la rend difficile à contrôler et ils échouent. Il y a alors discordance entre la représentation initiale de ce problème et l'économie de sa résolution numérique. Schliemann et collègues (1998) ont obtenu des résultats similaires avec les problèmes de multiplication suivants : " Quel est le prix de 3 objets à 50 cruzeiros l'un ? " (réussite = 75% avant tout enseignement) et " Quel est le prix de 50 objets à 3 cruzeiros l'un ? " (réussite = 0% avant tout enseignement). Les novices, dans cette recherche, étaient des " enfants de la rue ", donc non scolarisés, de 12 ans environ.

L'étude de ce phénomène permet d'adopter un nouveau point de vue sur le progrès des enfants : progresser signifie devenir capable de se comporter différemment dans une même situation, c'est-à-dire accéder à un comportement stratégique face à un problème arithmétique (pour le problème " Eric " et avec les nombres 3 et 47, les élèves découvrent qu'ils peuvent aussi compter à rebours et, de même, pour le problème des 50 objets à 3 cruzeiros l'un, ils découvrent qu'ils peuvent calculer 3 fois 50). Cet autre point de vue peut être adopté non seulement pour étudier la résolution de problèmes de soustraction et de multiplication, mais aussi celle de problèmes de division (Brissiaud, 2002a) ainsi que pour étudier la compréhension des fractions (Brissiaud, 2001). Il facilite par ailleurs la mise en relation des travaux que mènent les psychologues et les didacticiens dans ce domaine (Brissiaud, 2002b) alors que ceux-ci, le plus souvent, travaillent indépendamment.

5.2. Apprentissage de l'algèbre avec un environnement intelligent

(Emmanuel Sander, Anne Bastide, en collaboration avec A. Nguyen Xuan, J.-F. Nicaud, D. Bouhineau de l'INPG Grenoble, et S. Tapol, projet Cognitique)

A partir d'un micromonde développé d'abord dans le cadre de l'équipe IA-IRIN de Nantes puis à l'INPG de Grenoble, APLUSIX, dédié à l'apprentissage de l'algèbre (Nguyen-Xuan, A., Nicaud, J.-F., Bastide, A., & Sander, E., 2002)., nous avons procédé à un travail d'identification de règles erronées pour les élèves de niveau 3ème pour les problèmes usuels à ce niveau permettant d'identifier la source des erreurs en vue d'un travail de remédiation.

Une quarantaine de règles, de fréquence variable, ont été identifiées et nous travaillons actuellement à des possibilités de simulation à partir des diagnostic individuels dans une démarche d'analyse de protocoles. Une expérimentation est en cours qui vise à préciser les conditions d'applications des règles dans le cas de la résolution d'équations.

5.3. La nature de la compétence algébrique des élèves et leurs méthodes de résolution

(Anibal Cortés et Nathalie Pffaf)

L'expertise dans le calcul algébrique se base sur des connaissances et des compétences implicites, même chez les professeurs de mathématiques. Les sujets travaillent vite car ils ont construit des schèmes dont l'efficacité dépend du niveau de généralité des connaissances construites. Dans notre travail, nous développons le concept théorique d'invariant opératoire introduit par Piaget et ensuite par Vergnaud et nous utilisons le concept d'instrument de Rabardel.

Les règles de transformation utilisées dans le calcul algébrique sont obscures. Or, l'utilisation correcte des règles est étroitement liée à la justification mathématique construite.

Nous avons étudié, à partir d'entretiens individuels, les justifications mathématiques construites par les élèves de BAP (du niveau d'une classe de seconde) d'un lycée professionnel. Nous observons : a) Très peu d'élèves justifient les transformations algébriques. b) La moitié des élèves de nos classes justifie certaines transformations par l'arithmétique et ces justifications sont opérationnelles sur des équations simples (du type ax+b=c). c) L'autre moitié des élève est dans l'impossibilité de justifier toute transformation. Par conséquence, pour la plupart des élèves, les règles utilisées sont des théorèmes en acte : des propriétés mathématiques tenues pour vrais mais sans justification. Les élèves n'ont pas les moyens de valider les transformations effectuées et des erreurs surviennent.

Leurs méthodes de résolution sont des algorithmes qui s'avèrent efficaces dans des domaines restreints d'exercices. Par ailleurs ces algorithmes ne sont pas généralisables à d'autres objets mathématiques et la progression se fait au moyen de l'adoption de nouvelles règles sans justification. Ces méthodes s'oublient très vite et les professeurs doivent souvent tout recommencer.

5.4. La nature de la compétence algébrique des experts et leurs méthodes de résolution

(Anibal Cortés et Nathalie Pffaf)

L'étude des élèves nous a permis de comprendre les causes de l'échec dans le calcul algébrique et l'étude de l'expert les conditions du succès. L'étude de l'expert nous a permis de saisir la nature de la compétence algébrique et de mieux construire une proposition d'enseignement alternatif. Nous avons identifié cinq tâches invariantes dans le calcul algébrique que l'expert effectue (en général implicitement) et qui constituent la compétence algébrique: 1) analyse des particularités de l'objet mathématique et le choix de la transformation, 2) contrôle de la validité de la transformation, 3) identification et respect de l'opération prioritaire, 4) contrôle du transfert de termes et résultats dans l'expression écrite, 5) les opérations numériques (tâche que l'on effectue presque toujours).

Nous avons développé le concept théorique d'invariant opératoire (I.O.) et, dans notre travail, les I.O. sont les connaissances ou les compétences qui permettent d'effectuer les tâches invariantes. Les I.O. identifiés ont des degrés de généralité différents. Par exemple pour effectuer le contrôle de la validité de la transformation les sujets ont construit différents types de justifications (I.O.).Ainsi, pour la plupart des cas des sujets justifient les transformations au moyen de propriétés évidentes ou auto-justifiées et les principes de conservation que nous avons identifiés à partir de l'analyse des erreurs, ne sont pas utilisés.

Les schèmes construits par les experts : le concept d'instrument est pertinent et permet d'expliquer la rapidité des sujets : pour chaque règle de transformation, le sujet a construit un schème d'écriture. Ce sont les automatismes que l'on observe. Mais comment se fait le choix des transformations ? Chez l'expert, le choix de chaque transformation est précédé par une étape d'analyse et il effectue aussi des tâches de contrôle. Par conséquent les méthodes sont des schèmes incluant des étapes d'analyse de l'objet mathématique et des contrôles ensuite.

5.5. Rôle des contextes dans les activités d'apprentissage à distance

(D. Legros, M. Makhlouf, E. Maître de Pembroke)

Des professeurs stagiaires de l'IUFM de Créteil et des étudiants de licence de français de l'Université de Tizi Ouzou travaillent en binôme et à distance, dans le cadre de leur mémoire, sur le rôle des contextes dans la compréhension et la production de texte. Le travail en binôme et à distance a pour but de (i) de recueillir et de comparer des données issues de contextes culturels et linguistiques différents, et donc (ii) de fonder les invariants cognitifs en prenant en compte la variabilité culturelle et linguistique et ainsi (iii) de contribuer à la conception d'aides à la compréhension adaptées à la spécificité des élèves (Maître de Pembroke, Legros, & Rysman, 2001).

Ces modalités de travail permettent le dépassement de la perspective interculturelle liée à l'approche communicative et favorisent le développement de la nouvelle cohérence correspondante que certains auteurs dénomment " co-actionnelle "(Puren, 2002) et que nous intégrons, dans le cadre de notre équipe, dans le paradigme de la co-construction des connaissances (Crinon, Marin, & Legros, 2003).

Dans la lignée des directives du Conseil de l'Europe (2002a ; 2002b) centrées sur " la mise en valeur des bénéfices symboliques attendus en pariant sur une pluralité culturelle revendiquée ", ces travaux favorisent le renouvellement d'une didactique des langues-cultures " qui gagne en crédibilité en misant sur l'explicitation des relations symboliques que les langues et les cultures entretiennent entre elles " (Zaratte, 2002, p.10). Mais le travail collaboratif à distance est aussi un moyen de travailler sur la co-construction des connaissances en prenant en compte le " capital plurilingue et pluriculturel ", et donc ainsi de contribuer à la construction de l'identité plurielle des individus de la cité globalisée (Legros et Maître de Pembroke, 2002).

5.6. Production et aides à la production de texte en langue étrangère

(M. Cordier, D. Legros, E. Maître de Pembroke, C. Noyau)

Nous étudions le rôle des questions d'inférence dans la compréhension et le rappel d'un conte africain par des enfants togolais. 40 élèves de CM2 et 40 élèves de 5e ont participé à l'expérience. Une première lecture en L2 (français) a été proposée aux élèves. Deux questionnaires ont été soumis à deux sous-groupes de chaque classe : un questionnaire sur la base de texte et un questionnaire d'inférence sur les connaissances évoquées par le texte. Une deuxième lecture en L2 était ensuite proposée, suivie d'un rappel., ainsi qu'une 3è lecture en L1 avec complètement des rappels.

Les questions d'inférence ne semblent pas avoir d'effet sur le rappel en L2 des élèves de CM2, alors qu'elles ont tendance à favoriser le rappel des élèves de 5e. Contrairement à nos données précédentes, recueillies auprès d'élèves de CE2 (Maître de Pembroke, Legros & Rysman, 2000), les élèves de CM2 et de 5e rappellent le texte sous forme similaire et non plus sous forme de mot à mot et, selon nos hypothèses, traitent davantage le texte au niveau sémantique.

5.7. Analyse de l'activité de l'enseignant

(Janine Rogalski avec A. Robert, DIDIREM Paris 7)

Les concepts et les méthodes d'étude de la gestion d'environnement dynamique (s'appuyant sur le modèle général de double régulation de l'activité —Hacker, 1985 ; Leplat, 1997— et sur les modèles d'activité développés à la suite de Rasmussen) ont été utilisés et transposés pour élaborer un cadre d'analyse de l'activité de l'enseignant de mathématiques (Rogalski, 2001 ; soumis RDM).

L'articulation avec un cadre issu de la didactique des mathématiques (Robert, 2001) permet de situer dans un système cohérent les déterminants de l'activité de l'enseignant (Robert & Rogalski, 2002), et d'apporter un éclairage nouveau sur l'articulation entre différents buts de l'enseignant en situation de classe (Robert & Rogalski, soumis ESM). Notre approche croisée proposée du point de vue de l'enseignant est une forme de contrepoint à une approche développée par Steinbring (2000), qui articule analyse épistémologique et étude des interactions dans la classe du point de vue des élèves.

5.8. Activités et compétences dans le travail collectif en environnement dynamique à risque

(Janine Rogalski, Patricia Antolin-Glenn, Cyril Barriquault avec J. Marc, en thèse).

Les études antérieures des situations de gestion du risque comme objet professionnel ont fait l'objet de synthèses, proposant un cadre d'analyse articulant les niveaux individuels, collectifs et organisationnels (Rogalski, 2003 b; 2003d accepté ; 2003e accepté).

Le travail en cours sur le retour d'expérience dans le contrôle aérien (Stoop, 1997) relève d'une approche similaire (Barriquault & Rogalski, 2001 ; 2002). L'identification de compétences dans le travail collectif en situations dynamiques à risque (Salas et al., 1997) fait l'objet d'une étude (en simulation) s'appuyant sur une analyse fine du traitement d'épisodes critiques par un collectif expert (Antolin & Rogalski, 2002 ; 2003). Par ailleurs, l'étude du traitement des "erreurs" dans le travail collectif montre que le modèle de sécurité écologique développé par Amalberti pour rendre compte de l'existence d'erreurs dans l'activité individuelle même "experte" (Amalberti, 2001; Doireau, Wioland & Amalberti, 1997) est valide pour l'activité collective (Marc & Rogalski, 2003 ; soumis).

5.9. Etude d'une méthode alternative d'enseignement de l'écrit qui privilégie un apprentissage précoce de l'orthographe

(Rémi Brissiaud)

L'enseignement classique de la lecture commence le plus souvent par l'apprentissage explicite des règles de conversion graphèmes-phonèmes. Il conduit chez certains enfants à un traitement très séquentiel, susceptible d'entraver la mémorisation du lexique écrit et, plus généralement, des grandes unités de lecture : syllabogrammes, morphèmes lexicaux et syntaxiques. De plus, il conduit assez souvent à une dysorthographie. Il est donc intéressant d'explorer les caractéristiques d'un enseignement alternatif, qu'on pourrait appeler "orthographique" et qui privilégie d'une part les situations d'écriture et d'autre part un apprentissage précoce de l'orthographe en s'appuyant de manière privilégiée sur des analogies graphophonologiques au niveau morpholexical (par exemple : maintenant s'écrit au début comme main qu'on a déjà écrit) et au niveau morphosyntaxique (par exemple : le " é " qu'on entend dans " Marion et Luc " est le même que celui qu'on a déjà écrit dans " Pierre et le loup "). Cet enseignement trouve son origine dans les travaux d'une enseignante, Danièle De Keyzer. Bien que s'agissant d'une variante de la " Méthode Naturelle " de Freinet, il en diffère par l'accent mis précocement sur l'orthographe. Son étude étaye le point de vue selon lequel, sous certaines conditions, le développement de la conscience phonémique ne nécessite pas un enseignement direct de ces unités.(Brissiaud, 2001 ; Ouzoulias, Fisher & Brissiaud, 2000).

5.10. Propositions pour la construction des enseignements de l'algèbre

(Anibal Cortés et Nathalie Pffaf)

L'étude de l'expert nous a permis de mieux saisir la nature de la compétence algébrique. Le fonctionnement courrant de l'expert ne constitue pas un modèle pour l'enseignement car l'expert considère la plupart des situations comme évidentes et il applique une règle dont il a l'intime conviction qu'elle est vraie (par ailleurs il sait justifier mais il n'utilise pas la justification). Par contre il y a des situations qu'il ne considère pas évidentes pour lesquelles il cherche la justification : c'est le modèle pertinent pour l'enseignement. Par ailleurs, les experts appliquent leurs instruments à toutes sortes d'objets mathématiques, tandis que les élèves construisent des règles particulières pour chaque objet.

Les enseignements que nous avons expérimentés sont basés sur la construction mentale des filiations et justifications les plus générales. Ainsi, l'apprentissage de la résolution des inéquations sert aussi de remédiation pour la résolution des équations : les justifications construites sont transférées à la résolution d'équations. Par conséquent, l'apprentissage d'un nouveau chapitre sert de remédiation des anciens.

6. ELABORATION ET UTILISATION DE METHODES D'OBSERVATION ET D'ANALYSE

6.1. Catégorisation et métrologie sensorielle

(Isabelle Urdapilleta, Jean-Marc Bernard, Christophe Brouard, Jean-François Richard, avec C. Dacremont, F. Huon de Kermadec, C. Ton NU, C. Saint Denis, E. Belin, et B. Rousseau)

L'évaluation sensorielle, ensemble de techniques et de pratiques qui visent à mesurer et interpréter de façon systématique les perceptions de l'homme, implique une série de facteurs qui relèvent aussi bien de la psychométrie, de l'analyse de données, de la pragmatique de la communication que de la cognition. En effet, les processus de mémorisation et de catégorisation interviennent à toutes les étapes de l'analyse sensorielle, de la perception d'un stimulus à la réponse comportementale. Nous avons centré nos travaux sur la méthode de l'analyse descriptive quantitative (Meilgaard, Civille & Carr, 1999; Moutouto-Grana, Fernandez-Ferandez, Vazquez-Odériz & Romero-Rodriguez, 2002; Stone & al., 1974), méthode dans laquelle des sujets experts qualifient et quantifient des propriétés sensorielles afin de réaliser un profil sensoriel, sorte de carte d'identité de produits.

Ainsi, nos recherches ont porté (Urdapilleta, Roussel, Nicolas, Huon de Kermadeck, 2001) :

- Sur des méthodes qui permettent de mettre en place une liste de propriétés décrivant les perceptions ressenties au contact d'un objet par un groupe de sujets en prenant en compte les aspects mnémoniques qui interviennent dans une telle tâche (Urdapilleta, 2001a et c) ; Giboreau et al., 2003).

- Sur des outils d'évaluation en proposant des échelles de cotation dites " hiérarchiques à items verbaux ", qui respectent les principes de catégorisation et permettent d'évaluer l'intensité d'une grandeur sensorielle (Chauveix et al., 2003 ; Urdapilleta, Nicklauss, Tijus, 1999 ; Urdapilleta, 2001b). La notion de catégorisation peut être abordée à partir de la théorie des ensembles flous. Aussi nous avons proposé une méthode de traitement des données issues de telles échelles qui est basée sur la théorie des sous-ensembles flous (Urdapilleta & Brouart, 2001). (Nous poursuivons actuellement ces recherches en collaboration avec M. Masson & P. Faye)

Enfin nous avons montré que l'étude des liens implicatifs entre propriétés sensorielles pouvait permettre de mieux appréhender un des mécanismes essentiels pour comprendre comment les propriétés attribuées à un objet sont organisées et constituent ainsi notre architecture cognitive, nous permettant ainsi de faire des inférences immédiates (Urdapilleta & Bernard, 2002 ; Urdapilleta, 2003). Nous poursuivons actuellement l'ensemble de ces travaux.

6.2. Développement de cadres d'analyse de l'activité et des compétences professionnelles

(Janine Rogalski)

Rogalski (1995, a et b) a développé des cadres qui définissent a) des dimensions d'analyse des connaissances opérationnelles la manière dont ces connaissances opèrent sur des situations particulières en faisant intervenir les deux processus de représentation et d'implémentation qui coordonnent les niveaux de ce qui est "conçu" et ce qui est "perçu et agi" (définis par Granger —2001— respectivement comme "virtuel" et "actuel").

La mise en relation des deux niveaux “conceptuel” et “actuel” prend en compte à la fois le rôle central de la conceptualisation et le caractère toujours situé de l’action (Billett, 2001). Les compétences sont alors analysées selon le potentiel représentationnel (les connaissances opérationnelles), le potentiel dynamique de l’activité (les schèmes d’action) et les propriétés du sujet (fonctionnement perceptif, moteur, émotionnel). Ces cadres ont été utilisés pour étudier l’usage d’outils cognitifs représentationnels (Perez & Rogalski, 2001 ; Rogalski & Durey, 2003). On élargit ainsi la notion de Work Process Knowledge, introduite pour analyser les processus développementaux dans les situations de travail (Boreham, Samurçay & Fischer, 2002). La prise en compte du développement a conduit à articuler l’approche d’épistémologie génétique de Piaget et celle du développement socialisé de Vygotsky, et à les transposer pour la question du développement des compétences (Rogalski, 2003a, 2003c). Ce travail a été utilisé pour analyser des études empiriques sur la formation à la gestion de situations dynamiques rares ou imprévisibles dans des domaines à risque (Rogalski, Plat et Antolin, 2002).

6.3. L’utilisation de l’oculométrie et l’utilisation du recueil de potentiels évoqués cognitifs

(Philippe Cristini, Thierry Baccino, Charles Tijus, Sébastien Poitrenaud, Laure Léger)

L’enregistrement oculométrique (Thierry Baccino) et le recueil des potentiels évoqués cognitifs (Philippe Cristini) sont de nouveaux outils utilisés par le laboratoire. Les travaux de Laure Léger sont basés sur l’enregistrement du déplacement du regard. Les potentiels évoqués cognitifs ont été enregistrés chez des participants pour tester l’ambiguïté sémantique et chez les patients alcoolo-dépendants après sevrage et étudiés dans le cadre des protocoles Oddball, auditif et visuel notamment. Les enregistrements ont également porté sur la variation contingente négative dans le cadre d'un protocole Go No Go et sur la Processing Négativity dans le cadre des enregistrements d'écoute dichotique. Les premiers résultats ont été acceptés à la publication dans Neurophysiologie clinique sous le titre : "Les potentiels évoqués cognitifs chez les patients alcooliques : évaluation des risques de rechute".

Ces dispositifs sont en cours d’installation à l’Unité Mixte de Service CNRS-STIC LUTIN (Laboratoire des Usages des techniques d’information numérique) en partenariat avec le COSTECH (Dominique Boullier) et la Cité des Sciences et de l’Industrie, dans le cadre du projet RNRT et de l’appel d’offres CESAME du Conseil Régional d’Ile-de-France. Nous disposerons d’outils d’observation pour l’usage de tout le laboratoire.

7. APPLICATIONS DE LA RECHERCHE AUX NOUVELLES TECHNIQUES DE L'INFORMATION ET DE LA COMMUNICATION

7.1. Test utilisateurs et analyse fonctionnelle d'une interface de visioconférence

(Emmanuel Sander, Sébastien Poitrenaud, avec J. Fresneau et S. Tapol, avec France Télécom)

Dans le cadre d'un contrat de recherche avec France Telecom, Recherche et Développement, nous avons procédé à l'évaluation d'une interface pilote et la production de recommandations selon une approche d'ergonomie cognitive des interfaces. Nous avons testé l'hypothèse que les interprétations et les actions des sujets étaient guidées par des transferts analogiques à partir de sources sémantiquement proches (Sander et Richard, 1997 ; Richard, 1994 ; Waern, 1989) et que l'usabilité de l'interface dépendait de la qualité de sa structuration pour laquelle une modélisation fonctionnelle sous forme de treillis de Gallois permet de proposer des évolutions structurelles.

7.2. Développement du Cartable Electronique

(Charles Tijus, Sébastien Poitrenaud, Christine Leproux, Corinne Demarcy, Vincent Giraudon et Stephan Renaud, avec Nathan, Bordas et le Laboratoire d'informatique de Paris 6)

Le cartable électronique (Nathan, Bordas) correspond à un ensemble de fonctions informatiques et télématiques qui permettent à l'élève de réaliser son travail scolaire en favorisant son apprentissage, d'interagir avec ses professeurs, avec l'administration scolaire, avec ses condisciples, tout en permettant aux enseignants et aux parents le suivi du travail scolaire. Enfin, le cartable électronique offre au professeur des aides à la préparation des cours et au suivi des élèves. Le cartable électronique doit pouvoir être utilisé très simplement, entre autres à partir de la conception d'un environnement qui aide intelligemment l'utilisateur (l'élève ou le professeur) à utiliser le contenu et les fonctions du cartable.

Dans le cadre du projet RNTL – « Adaptation du Cartable Electronique à ses Divers Utilisateurs », des méthodes issues de la psychologie cognitive et de l'Intelligence Artificielle ont été utilisées dans une démarche de conception guidée utilisateur à la fois pour analyser comment les élèves et les enseignants conçoivent les objets de leur cartable physique, comment les éditeurs de manuels structurent les contenus et comment les tâches scolaires sont effectivement réalisées. Il s'agit d'une utilisation de notre savoir sur les propriétés d'objets et sur la catégorisation (Cordier & Tijus, 2001, Tijus & Cordier, 2003), la description des procédures (Poitrenaud, 1995) et sur les modes de description et d'accès aux bases de données à des fins d'apprentissage (Marsala & Bouchon, 2003).

La démarche de conception guidée utilisateurs fournit des aides à la conception du langage de commande (commandes, fonctions et procédures) et des modes de représentation des contenus (des ontologies pour les types d'objets organisés selon les tâches) et permet d'étudier (i) les notions de « transparence » vs. « présence » des interfaces numériques ainsi que les notions complémentaires de "présence-absence" (embodiement) de l'utilisateur dans l'environnement virtuel de l'interface selon la plus ou moins grande sensation d'être directement en prise avec les représentations symboliques externes sur lesquels on agit.

7.3. Principes de conception d'une maquette interactive d'un terminal contextualisé centré sur l'utilisateur

(Charles Tijus, Christine Leproux, Sébastien Poitrenaud et Patrick Yeu avec l'équipe de B. Bouchon-Meunier, Programme interdisciplinaire STIC : Société de l'Information)

La mobilité croissante des terminaux, des réseaux, de la gestion et du traitement de volumes de données de plus en plus importants et répartis (téléphonie de 2,5 et de 3G) accompagné de l'accroissement des besoins dans le domaine des « middleware » et de l'interopérabilité et dans celui des grilles de calcul destinées à fournir l'accès à de la puissance de calcul et à des ressources logicielles (ASP) ainsi qu'aux mégabases de données, rend nécessaires des principes d'interprétation sémantique des requêtes des utilisateurs.

Pour rendre l'information signifiante pour la machine, ce qui est une orientation majeure des derniers travaux des consortium chargés de développer des normes, W3C en particulier (Connolly, 1998), nous proposons une approche centrée "utilisateur", basée sur des données qui soient interprétables par la machine, avec la possibilité d'un Web sémantique (SW) basé sur les opérations logiques des classes, - et dans les cas d'incertitude, avec des prises de décision fondées sur les probabilités (théories bayésiennes) ou sur les possibilités (logique floue).

Il s'agit de tester l'applicabilité du modèle utilisateur basé sur la catégorisation contextuelle à la conception du dialogue homme-machine en élaborant la maquette d'un terminal interactif qui vise à faciliter l'usage et l'accès aux informations, résidant en particulier dans les bases de données accessibles par réseau.

Comment identifier les situations et l'objet des requêtes sans ambiguïté ? Comment stocker et accéder à l'information ? Quelle distribution optimale des contributions avoir entre un utilisateur, un système de reformulation des requêtes et la structure d'une base de données ? Nous avons pour l'instant réalisé un système qui recueille les traces utilisateurs et déterminé l'ontologie qui permettra d'interpréter ces traces.

7.4. L'utilisation contextualisée d'ontologies pour l'accès à la signification pédagogique

(Patrick Brézillon, Charles Tijus, Christine Leproux, Sébastien Poitrenaud, Arnaud Santolini, Charles Tijus, Patrick Yeu, A.C.I. Cognitique 2002 "Ecole et Sciences Cognitives : les apprentissages et leurs dysfonctionnements)

Une des problématiques majeure posée par l'usage de plus en plus répandu des bases de connaissances dans le cadre du travail scolaire et parascolaire provient du paradoxe qu'il y a à devoir rechercher ce que par nature on ne connaît pas encore et que l'on ne peut donc pas expliciter, et encore moins nommer. En ayant pour objectif l'élimination des malentendus (hors sujet, non-sens, contresens, etc.) tant au niveau de la requête que de sa lecture, nous avons proposé une approche basée sur l'utilisation contextualisée d'ontologies. Cette approche basée sur le contexte (Brézillon,1999; Tijus, 2001) vise à donner à l'interface locale la capacité sémantique nécessaire pour en faire l'interface entre objectifs de l'élève et les données de manière à lui présenter la connaissance utile.

Pour un domaine donné (ici, celui des figures de style), notre proposition est de voir en quoi les objets utilisés se ressemblent et se différencient. Pour cela, la méthode consiste à dresser l'ontologie du domaine, c'est-à-dire l'organisation des catégories visée par le savoir, en termes de destinataires, de catégories d'objets visées et d'action. Ce domaine des figures de style nous paraît pertinent étant donnée la nature figurée du langage avec les expressions idiomatiques, les métonymies ou les métaphores, etc., sans compter évidemment la polyvalence de signification que procure sa nature

symbolique. Pour la nature symbolique, on sait que le substantif "homme" peut être, comme hyponyme, l'équivalent de "femme", mais il est aussi utilisé comme hyperonyme lorsqu'il vise à dénoter l'être humain.

Outre son caractère formel (les termes sont définis dans un même format), l'intérêt est de situer chaque terme par rapport à tous les autres. De la sorte, retrouver une catégorie consiste à parcourir l'ontologie comme on parcourt un graphe de décision. De la sorte, il est possible de fournir un cadre didactique à l'apprentissage basé sur ce que l'élève connaît déjà. D'autre part, avec les graphes contextuels (Brézillon, Pasquier & Pomerol, 2000), une tâche est décrite comme un ensemble ordonné de relations entre des conditions et des actions. Du point de vue de l'ordonnancement, on aboutit à un arbre de décision, réductible, qu'on peut enrichir par de nouvelles séquences, modulable selon les contextes.

Avec ces deux formalismes, nous avons opérationnalisé la notion de requête augmentée. Pour l'instant, nous sommes arrivés à utiliser l'ontologie pour comprendre des requêtes incomplètes en les associant à une description du contexte de la requête, dont la tâche en cours qui motive la requête. Ainsi la requête finale comprend, outre son contenu, par exemple, ce que l'élève est censé connaître déjà, ce qu'il doit apprendre. La prochaine étape consiste à intégrer les graphes contextuels.

7.5. Les usages de l'information routière sur les durées de parcours

(Brigitte Cambon de Lavalette, Charles Tijus, Christine Leproux, Sébastien Poitrenaud, Olivier Bauer, avec l'INRETS)

Informer les usagers sur leurs durées de parcours est un service que les progrès de la télématique routière ont permis de mettre à la disposition des automobilistes depuis quelques années. Ce type de dispositif se développe actuellement assez rapidement, non seulement sur le réseau routier, mais aussi sous une forme voisine, dans l'équipement du réseau de transports en commun, métros, bus.

Contrairement à bien des informations adressées aux conducteurs, notamment par le biais de la signalétique iconique, les informations sur les durées de parcours ne contiennent pas de prescriptions particulières : l'usager est libre de les utiliser à sa guise. Or, l'usage qu'il en fait, notamment en cas de congestion du trafic, est un sujet de préoccupation pour les gestionnaires de la circulation par le fait qu'il peut ou non les inciter à changer d'itinéraire, et donc accroître ou diluer un état actuel de densité.

De nombreuses recherches ont cherché à répondre à cette question, en utilisant différentes méthodologies : enquêtes sur les préférences déclarées, simulation à partir d'une modélisation du trafic ou observations sur l'évolution des flots de véhicules (ingénierie du trafic), sans pouvoir réellement observer ni expliquer l'incidence de ces messages. La particularité de notre recherche dont l'objectif était de mieux expliquer les raisons des comportements observés, a permis de comprendre les raisons pour lesquelles les conducteurs adoptent l'une ou l'autre des solutions possibles, puis à dresser une taxonomie de l'activité mentale impliquée dans le courant de la tâche de conduite. Cette approche a mis en évidence l'existence de plusieurs catégories d'usagers en fonction de leurs stratégies d'organisation des trajets, des connaissances dont ils disposent en mémoire sur le réseau routier, du degré de fiabilité qu'ils accordent à l'information affichée et selon la représentation qu'ils en ont. Pour cela, nous avons procédé à partir d'entretiens utilisant la méthode des incidents critiques, puis le programme STONE (Poitrenaud, 1995) permettant de relier les instances de l'action.

Ce travail, synthétisé dans un rapport de recherche (B. Cambon de Lavalette et al. 2000) a donné lieu à plusieurs exploitations. Le processus de modélisation de l'activité mentale activée par les messages a été exposé et discuté (B. Cambon de Lavalette 2001). Une attention particulière a été portée à l'analyse des inférences que les usagers produisent à la lecture des messages, et aux catégories du raisonnement qui oriente leurs décisions (B. Cambon de Lavalette, & col., sous presse).

Du point de vue ergonomique (Tijus, C. et al., 2001), les résultats obtenus ont montré l'existence d'une inadéquation entre le modèle implicite de l'utilisateur qui sous-tend le système d'autorégulation du trafic et le raisonnement des usagers à la lecture du message. Nous avons également cherché à évaluer l'impact des messages sur le niveau de stress des conducteurs (B. Cambon de Lavalette, C. Tijus, 2002). Du point de vue de la régulation du trafic, l'intérêt qu'il y aurait à exploiter cette taxonomie pour mieux prévoir l'évolution du trafic a été développé (B. Cambon de Lavalette, S. Poitrenaud, sous presse).

Il serait souhaitable cependant de pouvoir poursuivre cette recherche afin de vérifier l'extension de cette taxonomie auprès d'un plus grand échantillon d'usagers de la route.

7.6. La signalétique routière. Taxonomie et usages

(Brigitte Cambon de Lavalette, Charles Tijus, Christine Leproux, Sébastien Poitrenaud, Alexandre Lacaste, avec l'INRETS)

La signalisation routière apparaît comme l'élément formel de structuration et régulation de la tâche du conducteur, du point de vue de son repérage spatial et de celui de sa sécurité. Elle a pour objet d'indiquer, sous forme iconique ou langagière, des lieux, des directions, des actions ou des interdictions d'actions dans l'espace réel.

Depuis l'apparition de l'automobile, le choix des messages, leurs formes signalétiques, le choix de leur implantation, a résulté le plus souvent de la représentation que les opérateurs du système ont eu des besoins des usagers (Cambon de Lavalette, 2002). Si la signalétique en usage a donné lieu à quelques recherches, seule sa lisibilité a donné lieu à des études comparatives. La question concernant le rôle opératoire de l'information pour les usagers, qui se trouve donc au centre du problème de la régulation et de la sécurité du trafic, n'a jusqu'à présent jamais été abordée. Dans ce contexte, l'objectif de notre approche est centré sur les représentations et les usages induits par la signalétique routière.

Nous montrons comment le treillis de Galois permet de dresser des taxonomies et ce qu'apporte cette pratique en termes d'apprentissage, de préconisation et de conception. La méthode est appliquée dans différents domaines de la signalétique, de la signalisation routière qui sera de plus en plus présentée dans les systèmes embarqués de navigation aux interfaces IHM des nouveaux systèmes multi-services et multi-modaux (Cambon de Lavalette, B, Doré, J. Tijus, C 2002).

Nous avons présenté une typologie des représentations externes de la signalisation (Tijus, C., Chêne, Jadot, Leproux, Poitrenaud, & Richard, 2002). Pour construire cette typologie, les connaissances sur les parties se décrivent en termes de propriétés (par ex. couleur, forme…), et de valeurs d'attributs, l'agencement des parties en termes de propriétés relationnelles et structurales, la transformation des parties et les résultats en termes de propriétés procédurales et de propriétés fonctionnelles.

De la sorte, à chaque panneau de signalisation correspond un ensemble de propriétés. Cet ensemble de propriétés permet de dresser un réseau de catégories pour un domaine de signalisation. Nous montrons comment ce réseau permet d'évaluer les incohérences sémantiques, et fournir ainsi une aide à la conceptualisation (nouveaux panneaux, nouveaux supports signalétiques d'information et de communication).

Actuellement, nous élaborons la taxonomie pour un ensemble de 300 panneaux routiers à partir de l'analyse de la tâche de conduite, de l'environnement routier, et des propriétés des icônes. Les relations entre les catégories (de dépendance, d'exclusion, d'inclusion, d'équivalence) reflètent la structure langagière des icônes, mettant en évidence, en regard du rôle assigné, son niveau plus ou moins élevé de congruité.

Cette étape de la recherche sera terminée en 2004.

7.7. Connaissances et comportements des conducteurs des TGV, sécurité des systèmes

(Marcel Bromberg, Sophie Frigoux, Patrice Georget, Frédéric Jadot, Christine Leproux, Sébastien Poitrenaud, Charles Tijus avec L'Union Internationale des Chemins de fer, UIC)

Partant de la documentation (livres de procédures), de l'apprentissage de la conduite en simulateur, d'entretiens auprès des exploitants, des conducteurs des trains à grande vitesse et de leurs formateurs, nous avons analysé les procédures liées aux changements de systèmes de navigation embarqués dans le cadre de l'interopérabilité : AWS, TVM, LGV-f/TVM, KVB, LGV-b/TBL, soit six passages différents d'un système à l'autre.

Justifiés techniquement par les différences entre réseaux, les systèmes de navigation embarqués ne sont pas intégrés, mais se surajoutent (sans compter le prochain ajout prochain du système LGV2-b). L'analyse fait en outre ressortir que non seulement les procédures d'utilisation ne sont pas homogénéisées, mais surtout qu'elles présentent de grandes différences de complexité.

Dans un souci d'homogénéité visant une meilleure sécurité, l'analyse montre l'importance des différences de signalisation sur les voies, des différences entre la sémantiques de commandes fournies par des signaux pourtant proches, la connaissance qu'ont les opérateurs non seulement de la ligne, mais aussi celle du réseau et de son trafic et qui fait agir en connaissance de cause.

Enfin, nous avons présenté un ensemble de préconisations.

7.8. Etude Systémique de la Sûreté dans les Gares

(Marcel Bromberg, Sophie Frigoux, Patrice Georget, Frédéric Jadot, Christine Leproux, Sébastien Poitrenaud, Charles Tijus avec L'Union Internationale des Chemins de fer, UIC)

La méthode que nous avons utilisée peut être utilisée pour analyser toute gare du point de vue de son dysfonctionnement. Nous considérons qu'une gare dysfonctionne, comme tout système, lorsqu'elle ne remplit pas ses fonctions. Quelles sont les fonctions de la gare ? Une gare sert essentiellement à prendre le train et à arriver en train. Ce sont les fonctions primaires de la gare. Et il y a les fonctions secondaires qui permettent la réalisation des fonctions primaires (acheter son billet, etc.). Ce sont des pré-requis et post-requis des fonction primaires.

Toutefois, une gare remplit d'autres fonctions lorsque des personnes en ont des utilisations autres que celles pour laquelle la gare est faite. L'analyse systémique vise alors à étudier comment ces différentes fonctions se réalisent dans la gare.

Un système est un ensemble de parties formant un tout. Ces parties sont agencées selon une certaine structure : ce sont les propriétés structurales. Un système permet la réalisation de certaines fonctions parce que ses parties agissent les unes sur les autres. Ce sont les propriétés fonctionnelles de la gare : l'automate délivre le billet, le compostage valide le billet qui permet de prendre le train. Les fonctions sont mises en oeuvre par des procédures. Pour cela, d'autres parties (l'interface) interviennent pour permettre, par l'action de l'opérateur, aux parties "fonctionnelles" d'agir les unes sur les autres. Ce sont les propriétés procédurales de la gare: comment fait-on pour acquérir un billet, par exemple. Enfin, l'habillage du système (la signalétique, la visibilité, les informations disponibles, ...) , sont plus ou moins indicatrices ou non des fonctions et des procédures.

Dans un premier temps, nous avons mené une analyse de la gare en termes de "parties" (une décomposition "partie-tout" de la gare, comme dans la figure ci-dessous). Dans un second temps, nous avons recueilli auprès des agents ce qu'ils savent de la réalisation des différentes fonctions et procédures dans les diverses parties de la gare : où a lieu telle et telle fonction, qui (quels autres agents) s'en occupe, et selon eux avec quel degré de sûreté ces fonctions se réalisent. Ceci a fourni 30 questions à la fois sur la connaissance et sur la sûreté qui nous ont permis, dans un troisième temps, d'interroger les agents de la Gare du Nord et de la Gare de Bruxelles-midi. Par ailleurs, à partir des bases statistiques de chacune des deux gares, nous avons analysé, hiérarchisé, puis comparé les actes d'insécurité répertoriés dans chacune des deux gares, dont la base Cézar de la SNCF.

Enfin, nous avons trouvé une corrélation (>.80) entre le niveau de connaissance et le niveau de sûreté.

Références

Ahn, W., Brewer, W., & Mooney, R. (1992). Schema acquisition from a single example. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, & Cognition, 18*, 391-412.
Baddeley, A.D. (1986). *Working memory*. New York. Oxford Academic Press.
Baddeley, A.D. (2000). The episodic buffer: a new component of working memory? *Trends in cognitive sciences*, *4*, 417-423
Balacheff, N. (1990a). Nature et objet du raisonnement explicatif. in: L'explication dans l'enseignement et l'EIAO. Université de Paris Orsay, LIREST.
Balacheff, N. (1990b). Problème de la production d'une explication : aspects conceptuels et langagiers. Revue d'Intelligence Artificielle 4(2): 149-160.
Balacheff, N. (1992). Modélisation de l'utilisateur dans l'explication. Introduction à une table ronde. in: A. Giboin (ed.) Deuxièmes journées Explication du PRC-GDR-IA. Sophia-Antipolis, INRIA.
Basque, J., Pudelko, B. (2003, accepté). Using a concept mapping software as a knowledge construction tool in a graduate online course. Communication à ED-MEDIA 2003, Honolulu, 23-28 juin 2003.
Basque, J., Pudelko, B., & Legros, D. (2003). Une expérience de construction de cartes conceptuelles dans un contexte de téléapprentissage universitaire. Colloque EIAH, Université L. Pasteur Strasbourg, 15-17 avril 2003 (pp. 413-420). En ligne : http://archiveseiah.univ-lemans.fr/EIAH2003/Pdf/n039-117.pdf
Basque, J., Pudelko, B., Girard, J. (2003, accepté). *La co-construction de cartes conceptuelles: Une activité de téléapprentissage favorisant les interactions métacognitives*? Communication au 71e Congrès de l'ACFAS, Université du Québec à Rimouski, 19 au 23 mai 2003.
Berglund, B., Berglund, U., Engen, T., Ekman, G. (1973). Multidimensional scaling analysis of twenty-one odors. Scand. J. Psychol. 14 131-137
Brézillon P. (1999) Context in problem solving: A survey. The Knowledge Engineering Review, 14(1): 1-34.
Brézillon, P. (1992). Proceedings of the ECAI-92 Workshop W15 on Improving the Use of Knowledge-Based Systems with Explanations. Rapport de Recherche 92/21. LAFORIA, Université Paris VI, Paris, France.
Brézillon, P. (1994). Context needs in cooperative building of explanations. First Cognitive Science in Industry, Luxembourg, 443-450.
Byrne, R. M. J. (1989). Suppressing valid inferences with conditionals. *Cognition, 53,* 217-238.
Cambon de Lavalette, B. (2000) *Incidences de l'information sur les durées de parcours sur la circulation des voies rapides urbaines. Phase préparatoire de la recherche* Rapport de convention DSCR- INRETS 99770013, Etude 15
Cambon de Lavalette, B. (2002) " La signalétique dans le réseau des déplacements motorisés : histoire et fonction", in Cambon de Lavalette, B. Dore, J. & Tijus, C. *La signalétique : conception, validation usages,* Actes Inrets n° 73
Cambon de Lavalette, B. (2002) *Driver inferences from VSM,* Actes (CD-rom) de The 3rd International Conference on Decision Making in Urban and Civil Engineering London - November 2002
Cambon de Lavalette, B., (2002) L'information routière sur les durées de parcours. Recherche d'une modélisation de l'activité cognitive sollicitée, *RTS* 76. http://www.sciencedirect.com/science/journal/07618980
Cohen, C. E., & Ebbesen, E. B. (1979). Observational goals and schema activation: a theoretical framework for behavior perception. *Journal of Experimental Social Psychology, 15,* 305-329.
Collins A.M., Quillian M.R. (1969). Retrieval time from semantic memory. Journal of Verbal Learning and Verbal Behaviour. 8 (1969) 240-247.
Desclés J.P., Flageul V., Kekenbosch Ch., Meunier J.M., Richard J.F. (1998). Sémantique cognitive de l'action: 1. contexte théorique, *Langages, N° 132*, pp 28-47
Ericsson, K.A., & Kintsch, W. (1995). Long-term working memory. *Psychological Review*, *102*, 211-245.
Freyd, J.J., (1987). Dynamic mental representations. *Psychological Review 94,* 427-438.
Gentner, D., & Wolff, P. (1997). Alignement in the processing of metaphor. *Journal of Memory and Language. 37,* 331-355.
Glucksberg, S., Manfredi, D., & McGlone, M.S. (1997). Metaphor comprehension: How metaphors create new categories. In T.B. Ward, S.M. Smith, J Vaid (Eds.),*Creative thought : an investigation of conceptual structures and processes.* pp. 376 - 401. Washington: APA.
Hayes, B. K., & Taplin, J. E. (1995). Similarity-based and knowledge-based processes in category learning. *European Journal of Cognitive Psychology, 4,* 383-410.

Hintzman, D.L. (1986). "Schema abstraction" in a multiple-trace memory model. *Psychological Review*, *93*, 411-428.
Holland, J., Holyoak, K., Nisbett, R., & Thagard, P. (1986). *Induction, processes of inference, learning and discovery.* Cambridge, Ma.: The MIT Press.
Holley A.(1999).: "Eloge de l'odorat". O. Jacob, Paris.
Holyoak, K. J., & Glass, A. L. (1978). Recognition confusions among quantifiers. *Journal of verbal learning and verbal behavior, 17*, 249-264.
Johnson-Laird, P. N. , & Byrne, R. M. J. (1991). *Deduction*. Hove: L. Erlbaum.
Just, M. (1974). Comprehending quantified sentences: The relation between sentence-picture and semantic memory verification. *Cognitive psychology, 6*, 216-236.
Just, M., & Carpenter, P. (1971). Comprehension of negation with quantification. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior, 10*, 244-253.
Just, M.A., & Carpenter, P.A. (1992). A capacity theory of comprehension: Individual differences in working memory. *Psychological Review*, 99, 122-149.
Karsenty, L. (1996). Une définition psychologique de l'explication. Intellectica 23(2): 299-317.
Karsenty, L. and Brézillon, P. (1995). Coopération Homme-Machine et Explication. Le Travail Humain 58(4): 291-312.
Kekenbosch Ch., Meunier J.M., Richard J.F., Desclés J.P., Flageul V. (1998). Sémantique cognitive de l'action: 2. étude expérimentale de la catégorisation des verbes de l'action, *Langages, N° 132*, pp 48-68
Kintsch, W. (1988). The use of knowledge in discourse processing: A construction-integration model. *Psychological Review*, *95*, 163-182.
Kintsch, W., Patel, V.L., & Ericsson, K.A. (1999). The role of long-term working memory in text comprehension. *Psychologia*, *42*, 186-198.
Koffka, K. (1935) *Principles of Gestalt Psychology*. Lund Humphries, London.
Kotovsky K , Hayes J- R, Simon H. A. (1985) - Why are some problems hard? Evidence from Tower of Hanoi. Cognitive Psychology, 17, 248-294.
Kotovsky, K. & Simon, H.,A. (1990). What Makes Some Problems Really Hard: Explorations in the Problem Space of Difficulty. Cognitive Psychology, 22, 143-183.
Kouba V. (1989). Children's solution stratégies for equivalent set multiplication and division word problèmes. *Journal for Research in Mathematics Education,* 20, 147-158.
Landauer, T.K., Dumais, S.T. (1997). A solution to Plato's problem: The Latent Semantic Analysis theory of the acquisition, induction, and representation of knowledge. *Psychological Review*, *104*, 211-240.
Lanzi, P.L., Stoltzman, W., & Wilson, S.W. (2000). *Learning classifier systems: From foundations to applications.* Berlin: Springer.
Lim, J.H. (1998). La fréquence et son expression en français. PhD thesis, Université Paris XIII, Villetaneuse, 1998.
Lund, K., & Burgess, C. (1996). Producing high-dimensional semantic spaces from lexical co-occurrence. *Behavior Research Methods, Instrumentation, and Computers*, *28*, 203-208.
Mackie, J. L. (1973). *The cement of the universe.* Oxford: Clarendon Press.
Maître de Pembroke, E., Legros, D. & Rysman S. (2001). Invariants cognitif et facteurs culturels de variabilité dans la compréhension de textes. VIIIe congrès international de l'ARIC. Genève, 24-28 septembre 2001. En ligne http://www.unige.ch/fapse/SSE/groups/aric
Marsala C., Bouchon B. (2003). Apprentissage et extraction de connaissances, in *Traitement de données complexes et commande en logique floue*, B. Bouchon-Meuneir et C. Marsala (eds.), Hermès, pp.153-198.
Medin, D. L., Wattenmaker, W. D., & Hampson, S. E. (1987). Family resemblance, concept cohesiveness, and category construction. *Cognitive Psychology, 19,* 242-279.
Meilgaard, M., Civille, G., & Carr, T. (1999). *Sensory evaluation techniques.* Boca Raton, FL: CRC Press.
Moutouto-Grana, M., Fernandez-Ferandez, E., Vazquez-Odériz, M.L., Romero-Rodriguez, M.A. (2002). Development of sensory profile for the specific denomination " galician potato ". *Food Quality and Preference, 13*, 99-106.
Murdock, B.B. (1993). TODAM2: A model for the storage and retrieval of item, associative, and serial-order information. *Psychological Review*, *100*, 183-203.
Murdock, B.B. (1997). Context and mediators in a theory of distributed associative memory (TODAM2). *Psychological Review*, *104*, 839-862.
Oatley, K., & Yuill, N.(1985) Perception of personal and interpersonal action in a cartoon film. *British Journal of Social Psychology, 24,* 115-124.

Ouzoulias A., Fischer J. P. & Brissiaud R. (2000) Comparaison de deux scénarios d'appropriation du lexique écrit. *Enfance, 4*, 393-416.

Paterson, K.B., Sanford, A.J., Moxey, L.M. & Dawydiak, E.J. (1998). Quantifier Polarity and Referential Focus during reading, *Journal of Memory and Language, 39*, 290-306.

Pena, M., Bonatti, L. L., Nespor, M., & Mehler, J. (2002). Signal-driven computations in speech processing. Science, 298(5593), 604-607.

Puren, C. (2002). Perspectives actionnelles et perspectives culturelles en didactique des langues–cultures : vers une perspectives co-actionnelle-co-culturelle, *Les langues Modernes,* 96(3), 55-71

Reber, P., J. & Kotovsky, K. (1997). Implicit Learning in Problem Solving: The Role of Working Memory Capacity. Journal of Experimental Psychology: General, 126, 178-203.

Resnick, M. (1994). *Turtles, Termites, and Traffic Jams: Explorations in Massively Parallel Microworlds*. Cambridge, Ma.: The MIT Press.

Richard, J-F. (1994). La résolution de problèmes. In M. Richelle, M. Robert, & J. Reguin (Eds.), *Traité de Psychologie Expérimentale ,* (pp. 523-574). Paris: PUF.

Rosch E. & Mervis C.B. (1975). *Family resemblances : studies in the internal structure of categories*. Cognitive Psychology. 7, 573-605.

Ross, B. H., & Murphy, G. L. (1999). Food for thought: cross-classification and category organization in a complex real-world domain. *Cognitive Psychology, 38,* 495-555.

Schliemann A. D., Araujo C., Cassundé M.A., Macedo S. & Nicéas L. (1998). Use of multiplicative commutativity by school children and street sellers. *Journal for Research in Mathematics Education,* 29, 422-435.

Stone, H., Sidel, J., Oliver, S., Woolsey, A., & Singleton, R. (1974). Sensory evaluation by descriptive analysis. *Food Technology, 28*(11), 24-34.

Tiberghien, G. (1997). *La mémoire oubliée*, Liège : Mardaga.

Treisman, A. et Gelade, G. (1980). A feature-integration theory of attention. *Cognitive Psychology, 12*, 97-136.

Treisman, A.(1991). Search, similarity, and integration of features between and within dimensions. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance, 17*, 652-676.

Treisman, A., & Sato, S.-(1990). Conjonction search revisited. Journal of *Experimental Psychology: Human Perception and Performance, 16*, 459-478.

Vergnaud G. & Durand C. (1976). Structures additives et complexité psychogénétique, *Revue Française de Pédagogie,* 36, 28-43.

Waern, Y. (1989). *Cognitive aspects of computer supported tasks* (pp. 68-112). Chichester: Wiley.

Zacks J., Tversky B. (2001). Event structure in perception and conception. Psychological Bulletin. 127, 3-21

Zacks, J. M., Tversky, B., & Iyer, G. (2001). Perceiving, remembering, and communicating structure in events. *Journal of Experimental Psychology-General, 130,* 29–58.

Zacks, J., & Tversky, B. (1997). What's happening? The structure of event perception.*Proceedings of the 19th Annual Meeting of the Cognitive Science Society,* Stanford, CA.

Zarate, G. (2002b). Identities and plurilingualism : preconditions for recognition of intercultural compétence. In M. Byram (Ed.). *Intercultural comptence. New perspectives.* Strasbourg : Conseil de l'Europe.